This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.

Eng 5057.76

TABLE DES MARÉES DE 1837.

Les grandes marées coïncident avec l'un ou deux des plein[s] et des nouvelles lunes, relativement aux distances de la lune au soleil, à la vitesse et à quinoxe.

Dates.	Heures de la pleine mer.	Hauteur
JANV. 6	N. L. à 11 h. du soir.	0,95
21	P. L. à 7 h. du soir.	0,74
FÉVR. 5	N. L. à 10 h. du mat.	1,03
20	P. L. à 2 h. du soir.	0,85
MARS. 6	N. L. à 8 h. du soir.	1,09
21	P. L. à 7 h. du mat.	0,93
AVRIL. 5	N. L. à 7 h. du mat.	1,04
20	P. L. à 8 h. du soir.	0,95
MAI. 4	N. L. à 7 h. du soir.	0,89
20	P. L. à 7 h. du mat.	0,90
JUIN. 3	N. L. à 7 h. du mat.	0,75
18	P. L. à 6 h. du soir.	0,88
JUILL. 3	N. L. à 9 h. du soir.	0,70
17	P. L. à 11 h. du soir.	0,94
AOUT. 1	N. L. à 9 h. du mat.	0,74
16	P. L. à 5 h. du mat.	1,05
SEPT. 14	P. L. à 1 h. du soir.	0,72
29	N. L. à 8 h. du soir.	0,93
OCTO. 13	P. L. à 11 h. du soir.	1,07
29	N. L. à 11 h. du mat.	0,90
NOVE. 12	P. L. à 11 h. du mat.	0,91
28	N. L. à 2 h. du mat.	0,86
DÉCE. 12	P. L. à 2 h. du mat.	0,77
27	N. L. à 2 h. du soir.	0,87

Ouvrois, d'après ce tableau, que les marées seront peu considérables, celles du 16 février, du 15 mars, du 6 avril, du 17 août, du 16 septemb. et du 15 octobre, étant les plus fortes, pourraient occasionner des accidens si les vents les favorisaient.

DIVISION de la république française en départemens, les chefs-lieux où résident les Préfets, leurs noms, et le nombre d'arrondissemens de chaque département.

Départemens.	Chefs-lieux.	NOMS des Préfets.
Ain.	Bourg.	S. Jayr.
Aisne.	Laon.	Renaudon
Allier.	Moulins.	Gattier.
Alpes (b.)	Digne.	Meunier.
Alpes (h.)	Gap.	S. Mourgues.
Ardèche.	Privas.	R. Dugrée.
Ardennes.	Mezières.	Henry.
Ariége.	Foix.	Mazères.
Aube.	Troyes.	C. Seyves.
Aude.	Carcassone.	Legoux.
Aveyron.	Rhodez.	Maiguier.
B.-du-Rhô.	Marseille.	de Lacoste.
Calvados.	Caen.	Target.
Cantal.	Aurillac.	Delmarre.
Charente.	Angoulême	Lartigue.
Char.-Infér.	la Rochelle.	Bon. de Ketel
Cher.	Bourges.	de Lapparent
Corrèze.	Tulles.	Thomas.
Corse.	Ajaccio.	Jourdan.
Côte-d'Or.	Dijon.	Ach. Chayer
C. du Nord.	St.-Brieux.	Thieullen.
Creuse.	Guéret.	A Descamp
Dordogne.	Périgueux.	Romieu.
Doubs.	Besançon.	Tourangin.
Drôme.	Valence.	de S.-Aignan
Eure.	Evreux.	A. Passy.
Eure et Loir.	Chartres.	Saladin.
Finistère.	Quimper.	Boulley.
Gard.	Nismes.	de Jessaint.

PRÉFECTURE DE POLICE
DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE.

Quai des Orfèvres.

M. G. DELESSERT, conseiller d'état, préfet de Police, hôtel de la Préfecture.

M. Malleval, secr.-général.
M. Pinel, secrét. part. de M. le préfet.
M. Nabon Devaux, chef du bureau du cabinet.

NOMS DES MAIRES
ET DES CURÉS
DES 12 ARRONDISSEMENS ET DES 48 DIVISIONS
DE LA COMMUNE DE PARIS.

Premier arrondissement.

Composé des quartiers des Tuileries, des Champs-Elysées, de la Place-Vendôme et du Roule ; chef-lieu, rue d'Anjou St.-Honoré, n. 9.

M. LEFORT, maire, rue Dauphot, 19.
Bureau, cour à la Madeleine.

NOVEMBRE, 30 entre au ♐
Le soleil à midi vrai, nne montre bien réglée marque 11 h. 44 m. 47 s. elle io, 11 h. 48 m. 55 s

JOURS du mois.	LEVER du soleil.	Cou. LONG. de midi.	LEVER de la lune.	Cou. LONG. du S.	Déclin.	Diamètre.	Passage au méridien.	Horloge.
	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	d. m.	m. s.	h. m.	
1	7 30	4 30	6 40	4 39	S 21	32 16	11 58	midi
2	7 31	4 29	7 38	5 0	21	32 16	0 58	1
3	7 32	4 28	8 35	5 21	22	32 17	1 58	2
4	7 33	4 27	9 31	5 42	22	32 17	2 58	3
5	7 34	4 26	10 25	6 3	23	32 18	3 58	4
6	7 35	4 25	11 18	6 24	23	32 18	4 58	5
7	7 36	4 24	soir. 0	6 45	24	32 19	5 58	6
8	7 37	4 23	0 41	7 6	24	32 19	6 58	7
9	7 38	4 22	1 23	7 27	25	32 20	7 58	8
10	7 39	4 21	2 4	7 48	25	32 20	8 58	9
11	7 40	4 20	2 46	8 9	26	32 21	9 58	10
12	7 41	4 19	3 29	8 30	26	32 21	10 58	11
13	7 42	4 18	4 14	8 51	27	32 22	11 58	midi
14	7 43	4 17	5 2	9 12	27	32 22	0 58	1
15	7 44	4 16	5 54	9 33	27	32 23	1 58	2
16	7 45	4 15	6 50	9 54	28	32 23	2 58	3
17	7 46	4 14	7 52	10 15	28	32 24	3 58	4
18	7 47	4 13	8 59	10 36	28	32 24	4 58	5
19	7 48	4 12	10 11	10 57	29	32 25	5 58	6
20	7 49	4 11	11 28	11 18	29	32 25	6 58	7
21	7 50	4 10	matin 0	11 39	29	32 26	7 58	8
22	7 51	4 9	1 49	12 0	29	32 26	8 58	9
23	7 52	4 8	3 14	12 21	29	32 27	9 58	10
24	7 53	4 7	4 43	12 42	29	32 27	10 58	11
25	7 54	4 6	6 15	1 3	29	32 28	11 58	midi
26	7 55	4 5	7 47	1 24	29	32 28	0 58	1
27	7 56	4 4	9 19	1 45	29	32 29	1 58	2
28	7 57	4 3	10 49	2 6	29	32 29	2 58	3
29	7 58	4 2	11 16	2 27	29	32 30	3 58	4
30	7 59	4 1	soir. 0	2 48	29	32 30	4 58	5

ARCHEVÊQUES ET ÉVÊQUES

Villes Episcopales.	*Noms des Archev. et Evêq.*	*Nés l'an*	*Sacr. l'an.*
PARIS....	DE QUELEN...	1778	1817
Chartres....	*Cl. de Montals* ..	1769	1824
Meaux.....	*Gallard*.....	1785	1831
Orléans.....	*Brumaud*.....	1749	1823
Blois.....	*De Sauzin*.....	1756	1823
Versailles..	*Blanq. de Bailleul*	1795	1833
Arras.....	*Latour d'Auvergne*	1768	1822
Cambray...	*Belmas*.....	1757	1802
LYON...	DE PINS, adm.	1766	1822
Autun.....	*d'Héricourt*....	1797	1819
Langres.....	*Sablier-Parisis*.	1764	1835
Dijon.....	*Rey*.....	1773	1832
St-Claude..	*De Chamon*.....	1767	1823
Grenoble....	*Philib.-Bruyerre*	1761	1826
ROUEN..	DE CROY.....	1773	1820
Bayeux	*Robin*		1836
Evreux	*Duchatellier*...	1762	1832
Séez	*Jolly*		1836
Coutances..	*Rablou*		1835
SENS	DE COSNAC ..	1764	1819
Troyes	*seguin de Mons*...	1760	1816
Nevers.....	*Naudo*.....	1794	1824
Moulins.....	*De Pons*.....	1759	1823
REIMS.....	DE LATIL.....	1761	1816
Soissons	*De Simony*.....	1770	1825
Châlons. ...	*De Prilly*.....	1775	1824
Beauvais....	*Lemercier*.....	1758	1833
Amiens ...	*De Chabons*.....	1756	1822
TOURS...	DE MONBLANC	1767	1823

les matins sur les hauts arbres qui bordent le Congo, dans le voisinage de Maccatala, à l'effet de boire. Il est plaisant alors de voir avec quelle célérité ils font leur retraite, en faisant résonner les bois de leurs caquets. C'est ordinairement sur les plus hauts arbres qu'ils construisent leurs nids, qui ressemblent à ceux des pies, mais qui sont beaucoup plus grands, et faits d'herbe sèche. L'entrée de ces nids est un grand trou; la partie supérieure est couverte d'herbe à une hauteur considérable, pour le garantir de la pluie.

L'espèce la plus curieuse des singes est le *poongo*. Lorsqu'il se tient debout, il a six pieds, et l'on dit qu'il a la force de dix hommes. Dans ce cas, s'il était également féroce, il pourrait régner en souverain dans les bois. Au fait, il est, d'après le dire des habitans, le premier des animaux de la forêt. Il chasse l'éléphant devant lui avec ses griffes, et souvent ravit les femmes, lorsqu'il les rencontre à quelque distance de leur habitation. Le *chimpaingze* est connu en Europe sous le nom d'orang-outang ou d'homme des bois. Il diffère beaucoup du poongo en grandeur, en force et en sagacité. Il est plus gentil et se laisse facilement prendre et apprivoiser. Un témoin oculaire nous a assuré qu'il couchait en plein air sur le pont du vaisseau; que souvent il enveloppait sa tête d'un mou-

OBSERVATIONS SUR LES PAYS DE CONGO ET DE LOANGO.

Les habitans de cette partie de l'Afrique regardent le soleil comme le principal moteur des effets de la nature, sans l'influence duquel l'obscurité et la désolation couvriraient la surface de la terre. Les idoles de toute espèce sont appelées *fétiches*. Il y en a une infinité, de toutes sortes de formes et de matières. Les plus communs sont le lait, les œufs et les oiseaux. Parmi ces derniers, les perdrix sont regardées comme tellement sacrées, que, lorsque le pied d'un de ces oiseaux morts a touché un mets, personne ne voudra goûter de ce dernier dût-on mourir de faim. Leurs fétiches portatifs consistent en imitations grossières de la forme humaine ou de celles d'animaux, avec un morceau de miroir fixé dans la poitrine; en dents d'un jeune éléphant, remplies d'une pâte noire, dans laquelle sont placées des coquilles; en dents et serres de tigres; en petites cornes de chèvre et autres animaux; en coquilles de mer remplies de pâte noire; en petits sacs d'ingrédiens précieux, et en petits flacons contenant de la poudre à canon consacrée. Personne ne boit un coup sans faire une oblation au principal fétiche, qui est ordinairement une dent d'éléphant. Ils la prennent dans la main gauche, et

PUISSANCES DE L'EUROPE

FRANCE.

Branche d'Orléans.

LOUIS-PHILIPPE Ier, né à Paris 6 oct. 1773, succède le 31 juillet 1830 à Charles X, déchu du trône de France, le 30, comme lieutenant-général du royaume; élu roi des Français, le 9 août de la même année; marié 25 novembre 1809, à

MARIE-AMÉLIE, des Deux-Siciles, née 26 avril 1782, reine des Français. De ce mariage:

FERDINAND-PHILIPPE-LOUIS D'ORLÉANS, duc d'Orléans, pr. royal, maréchal de camp, né à Palerme 3 septembre 1810.

LOUIS-CHARLES-PHILIPPE D'ORLÉANS, duc de Nemours, né à Paris, 25 octobre 1814, maréchal de camp.

FRANÇOIS FERDINAND D'ORLÉANS, prince de Joinville, lieutenant de vaisseau, né à Neuilly, le 14 août 1818.

HENRI-EUGÈNE-PHILIPPE-LOUIS D'ORLÉANS, duc d'Aumale, né à Paris, le 16 janvier 1822.

ANTOINE-PHILIPPE-LOUIS, duc de

TRAITÉ

SUR

LA CONSTRUCTION

DES VAISSEAUX.

TABLE DES MARÉES DE 1837.

Les grandes marées (ou la ſeſſ ive) arrivent d'un jour ou deux les pleines et les nouvelles lunes, relativement aux diſtances de la lune au ſoleil, à la terre et à l'équinoxe.

Heures de la Syzygie. Hauteur

Dates.			
JANV.	6	N. L. à 11 h du ſoir.	0m95
	21	P. L. à 7 h. du ſoir.	0,74
FÉVR.	5	N. L. à 10 h. du mat.	1,03
	20	P. L. à 2 h. du ſoir.	0,85
MARS.	6	N. L. à 8 h. du ſoir.	1,09
	21	P. L. à 7 h. du mat.	0,93
AVRIL.	5	N. L. à 7 h. du mat.	1,04
	20	P. L. à 8 h. du ſoir.	0,95
MAI.	4	N. L. à 7 h. du ſoir.	0,89
	20	P. L. à 7 h. du mat.	0,90
JUIN.	3	N. L. à 7 h. du mat.	0,90
	18	P. L. à 4 h. du ſoir.	0,88
JUILL.	2	N. L. à 9 h. du ſoir.	0,70
	17	P. L. à 11 h. du ſoir.	0,94
AOUT.	1	N. L. à 0 h. du ſoir.	0,74
	16	P. L. à 5 h. du mat.	1,05
	31	N. L. à 4 h. du mat.	0,84
SEPT.	14	P. L. à 1 h. du ſoir.	1,12
	29	N. L. à 8 h. du ſoir.	0,93
OCTO.	13	P. L. à 11 h. du ſoir.	1,07
	29	N. L. à 11 h. du mat.	0,90
NOVE.	12	P. L. à 11 h. du ſoir.	0,91
	28	N. L. à 2 h. du mat.	0,86
DÉCE.	12	P. L. à 2 h. du mat.	0,77
	27	N. L. à 2 h. du ſoir.	0,87

On voit, d'après ce tableau, que les marées ſeront peu conſidérables : celles du 16 fév., du 8 mars, du 6 avril, du 17 août, du 16 ſeptemb. et du 15 octobre, étant les plus fortes, pour lesquelles occasionner des accidens s'il ne vents les favoriſaient.

DIVISION de territoire Français en départemens, les chefs-lieux où ſiégeront les Préfets, leurs noms, et le nombre d'arrondiſſemens de chaque département.

Départemens.	Chefs-lieux.	NOMS des Préfets.
Ain.	Bourg.	Jayet.
Aisne.	Laon.	Renaudon.
Allier.	Moulins.	Gattier.
Alpes (b.)	Digne.	Mentier.
Alpes (h.)	Gap.	Mourgues.
Ardèche.	Privas.	Dugabé.
Ardennes.	Mezières.	Henry.
Ariége.	Foix.	Marbès.
Aube.	Troyes.	C. Syeyes.
Aude.	Carcassone.	Legoux.
Aveyron.	Rhodès.	Marquier.
B.-du-Rhô.	Marseille.	de Lacoste.
Calvados.	Caen.	Target.
Cantal.	Aurillac.	Delamarre.
Charente.	Angoulême.	Lartigny.
Charl.-Inf.	la Rochelle.	Bon de Belet
Cher.	Bourges.	de Lappareni
Corrèze.	Tulles.	Thomas.
Corse.	Ajaccio.	Jourdan.
Côte-d'Or.	Dijon.	Ach. Chartier
C. du Nord.	St.-Brieux.	Thieullen.
Creuse.	Guéret.	A. Descharnp
Dordogne.	Périgueux.	Romieu.
Doubs.	Besançon.	Tourangin.
Drôme.	Valence.	Saladin.
Eure.	Breux.	A. Passy.
Eure et L.	Chartres.	de S.-Aignan
Finistère.	Quimper.	Boullet.
Gard.	Nismes.	de Jessaint.

NOMS DES MAIRES DES CURÉS

DES ARRONDISSEMENS ET DES 48 DIVISIONS de la Commune de Paris.

Premier arrondissement.

Compoſé des quartiers des Tuileries, des Champs-Elysées, de la Place-Vendôme et du Roule : Chef-lieu, rue d'Anjou St.-Honoré, n. 9

M. LEFORT, maire, rue Dauphot, 19. *Bureau*, curé à la Madeleine.

NOVEMBRE. ☽ entre au ☌ le 15 à midi 1/2 ; une nouvelle bien réglée marquera le 4. à 10m. 47 s. de 10. 12 h. 48 m. 55 s.

Jours du mois.	Lever du Soleil.	Coucher du Soleil.	Lever de la Lune.	Coucher de la Lune.	Intervalle.	Jours du mois.
	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	
1	7 15	4 45	6 58	4 48	9 51	1
2	7 16	4 43	7 51	5 39	10 12	2
3	7 17	4 42	8 51	6 35	10 44	3
4	7 18	4 41	9 51	7 35	11 44	4
5	7 19	4 40	10 51	8 35	11 44	5
6	7 20	4 39	11 51	9 35	11 44	6
7	7 21	4 38	12 51	10 35	11 44	7
8	7 22	4 37	1 51	11 35	11 44	8
9	7 23	4 36	2 51	12 35	11 44	9
10	7 24	4 35	3 51	1 35	11 44	10
11	7 25	4 34	4 51	2 35	11 44	11
12	7 26	4 33	5 51	3 35	11 44	12
13	7 27	4 32	6 51	4 35	11 44	13
14	7 28	4 31	7 51	5 35	11 44	14
15	7 29	4 30	8 51	6 35	11 44	15
16	7 30	4 29	9 51	7 35	11 44	16
17	7 31	4 28	10 51	8 35	11 44	17
18	7 32	4 27	11 51	9 35	11 44	18
19	7 33	4 26	12 51	10 35	11 44	19
20	7 34	4 25	1 51	11 35	11 44	20
21	7 35	4 24	2 51	12 35	11 44	21
22	7 36	4 23	3 51	1 35	11 44	22
23	7 37	4 22	4 51	2 35	11 44	23
24	7 38	4 21	5 51	3 35	11 44	24
25	7 39	4 20	6 51	4 35	11 44	25
26	7 40	4 19	7 51	5 35	11 44	26
27	7 41	4 18	8 51	6 35	11 44	27
28	7 42	4 17	9 51	7 35	11 44	28
29	7 43	4 16	10 51	8 35	11 44	29
30	7 44	4 15	11 51	9 35	11 44	30

ARCHEVÊQUES ET ÉVÊQUES

Villes Epiſcopales.	*Noms des Archev. et Evêq.*	*Nés l'an*	*Sacr. l'an.*
PARIS....	DE QUELEN...	1778	1817
Chartres....	*Cl. de Montals..*	1769	1824
Meaux.....	*Gallard*.....	1785	1831
Orléans.....	*Brumaud*.....	1749	1823
Blois.....	*De Sanzin*.....	1756	1823
Versailles..	*Blanq. de Bailleul*	1795	1833
Arras.....	*Latour d'Auvergne*	1768	1802
Cambray...	*Belmas*.....	1757	1800
LYON...	DE PINS, adm.	1766	1822
Autun.....	*d'Héricourt*....	1797	1819
Langres.....	*Sablier-Parisis.*	1764	1835
Dijon.....	*Rey*.....	1773	1832
St-Claude...	*De Chamon*.....	1767	1823
Grenoble....	*Philib.-Bruyarre*	1765	1826
ROUEN..	DE CROY.....	1773	1820
Bayeux....	*Robin*.....		1836
Evreux.....	*Duchatellier*...	1761	1822
Séez.....	*Jolly*.....		1836
Coutances..	*Robiou*.....		1835
SENS.....	DE COSNAC..	1764	1819
Troyes.....	*seguin de Nons*...	1760	1826
Nevers.....	*Naudo*.....	1794	1824
Moulins.....	*De Pons*.....	1759	1823
REIMS.....	DE LATIL....	1761	1816
Soissons....	*De Simony*.....	1770	1825
Châlons.....	*De Prilly*.....	1775	1824
Beauvais....	*Lemercier*.....	1758	1833
Amiens.....	*De Chabons*....	1756	1822
TOURS...	DE MONBLANC	1762	1822

PUISSANCES DE L'EUROPE

FRANCE.

Branche d'Orléans.

LOUIS-PHILIPPE Ier, né à Paris 6 oct. 1773, succède le 31 juillet 1830 à Charles X, déchu du trône de France, le 30, comme lieutenant-général du royaume ; élu roi des Français, le 9 août de la même année ; marié 25 novembre 1809, à

MARIE-AMÉLIE, des Deux-Siciles, née 26 avril 1782, reine des Français.

De ce mariage :

FERDINAND-PHILIPPE-LOUIS D'ORLÉANS, duc d'Orléans, pr. royal, maréchal de camp, né à Palerme 3 septembre 1810.

LOUIS-CHARLES-PHILIPPE D'ORLÉANS, duc de Nemours, né à Paris, 25 octobre 1814, maréchal de camp.

FRANÇOIS FERDINAND D'ORLÉANS, prince de Joinville, lieutenant de vaisseau, né à Neuilly, le 14 août 1818.

HENRI-EUGÈNE-PHILIPPE-LOUIS D'ORLÉANS, duc d'Aumale, né à Paris, le 16 janvier 1822.

ANTOINE-PHILIPPE-LOUIS D'OR-

OBSERVATIONS SUR LES PAYS DE CONGO ET DE LOANGO.

Les habitans de cette partie de l'Afrique regardent le soleil comme le principal moteur des effets de la nature, sans l'influence duquel l'obscurité et la désolation couvriraient la surface de la terre. Les idoles de toute espèce sont appelées *fétiches*. Il y en a une infinité, de toutes sortes de formes et de matières. Les plus communs sont le lait, les œufs et les oiseaux. Parmi ces derniers, les perdrix sont regardées comme tellement sacrées, que, lorsque le pied d'un de ces oiseaux morts a touché un mets, personne ne voudra goûter de ce dernier dût-on mourir de faim. Leurs fétiches portatifs consistent en imitations grossières de la forme humaine ou de celles d'animaux, avec un morceau de miroir fixé dans la poitrine ; en dents d'un jeune éléphant, remplies d'une pâte noire, dans laquelle sont placées des coquilles ; en dents et serres de tigres ; en petites cornes de chèvres et autres animaux ; en coquilles de mer remplies de pâte noire ; en petits sacs d'ingrédiens précieux, et en petits flacons contenant de la poudre à canon consacrée. Personne ne boit un coup sans faire une oblation au principal fetiche, qui est ordinairement une dent d'éléphant. Ils la prennent dans la main gauche, et, après en avoir léché la pâte, ils jettent

les matins sur les hauts arbres qui bordent le Congo, dans le voisinage de Maccatala, à l'effet de boire. Il est plaisant alors de voir avec quelle célérité ils font leur retraite, en faisant résonner les bois de leurs caquets. C'est ordinairement sur les plus hauts arbres qu'ils construisent leurs nids, qui ressemblent à ceux des pies, mais qui sont beaucoup plus grands, et faits d'herbe sèche. L'entrée de ces nids est un grand trou ; la partie supérieure est couverte d'herbe à une hauteur considérable, pour le garantir de la pluie.

L'espèce la plus curieuse des singes est le *poongo*. Lorsqu'il se tient debout, il a six pieds, et l'on dit qu'il a la force de dix hommes. Dans ce cas, s'il était également féroce, il pourrait régner en souverain dans les bois. Au fait, il est, d'après le dire des habitans, le premier des animaux de la forêt. Il chasse l'éléphant devant lui avec ses griffes, et souvent ravit les femmes, lorsqu'il les rencontre à quelque distance de leur habitation. Le *chimpaingee* est connu en Europe sous le nom d'orang-outang ou d'homme des bois. Il diffère beaucoup du poongo en grandeur, en force et en sagacité. Il est plus gentil et se laisse facilement prendre et apprivoiser. Un témoin oculaire nous a assuré qu'il couchait en plein air sur le pont du vaisseau ; que souvent il enveloppait sa tête d'un mouchoir, comme s'il était malade ; qu'il se

TRAITÉ

SUR

LA CONSTRUCTION

DES VAISSEAUX.

TRAITÉ

SUR

LA CONSTRUCTION DES VAISSEAUX,

DÉDIÉ ET PRÉSENTÉ AU ROI,

PAR M. le Comte DU MAITZ DE GOIMPY, *Capitaine des Vaisseaux de Sa Majesté, Chevalier de l'Ordre Royal & Militaire de Saint Louis, de l'Académie Royale de Marine.*

A PARIS,

Chez { D. C. COUTURIER, pere, Imprimeur-Libraire; aux Galeries du Louvre.
COUTURIER, fils, Libraire, Quai des Auguſtins.

M. D C C. L X X V I.

AVEC APPROBATION ET PRIVILÈGE DU ROI.

Eng 5057.76

HARVARD COLLEGE LIBRARY
DEGRAND FUND
May 20, 1924

AU ROI,

SIRE,

Le Corps des Officiers de Votre Marine ſe rappellera toujours avec de nouveaux mouvemens de

ÉPITRE;

zele ; que VOTRE MAJESTÉ, *dès ſes plus tendres années, s'eſt occupée des différentes parties de leur Art. Ces Calculs, auxquels Elle ſe livroit, étoient un préſage aſſuré de l'application conſtante qu'Elle devoit donner un jour à tout ce qui peut faire la gloire & le bonheur de ſes Peuples. En m'occupant d'un Ouvrage ſur la Conſtruction des Vaiſſeaux, dont l'importance a déja fixé l'attention de* VOTRE MAJESTÉ, *j'ai tâché de réunir*

ÉPITRE.

ce qui pouvoit contribuer à la gloire de ſes Armes & à l'économie, animé par l'eſpérance qu'Elle voudroit bien me permettre de le lui offrir.

Je ſuis avec le plus profond reſpect,

DE VOTRE MAJESTÉ,

SIRE,

Le très-humble, très-ſoumis Serviteur & très-fidele Sujet,

DU MAITZ DE GOIMPY.

PRÉFACE.

JE m'étois d'abord proposé de faire une nouvelle Édition du Traité du Navire de M. Bouguer, accompagnée de Notes : cet Ouvrage étant absolument nécessaire aux personnes qui veulent prendre des connoissances plus approfondies de la théorie de la Construction. La nécessité de corriger quelques erreurs ; diverses questions qui se sont élevées depuis, m'ont déterminé à suivre un autre plan : j'ai cru devoir en rendre la forme plus simple, retrancher les questions dont la pratique ne peut retirer d'utilité, & remplacer ces retranchemens par les diverses considérations qu'on avoit négligées jusqu'ici ; j'ai fait dans ce Traité un fort grand usage de ceux de M. Euler, intitulés : *Scientia Navalis*, & *Théorie complette de la Construction & Manœuvre des Vaisseaux*. De nouveaux Principes que j'ai cherché à développer, lesquels sont fondés sur des expériences journalieres & indubitables, pourront contribuer à la perfection de la Théorie des Fluides, & ne laisseront plus rien à desirer sur

la Théorie réelle de la Conſtruction & principalement celle de la mâture. Les ordres de M. le Duc de Choiſeul, alors Miniſtre de la Marine, m'avoient obligé de me livrer à cette étude particuliere : M. de Sartine a approuvé que je remiſſe en ordre les différens matériaux de cet Ouvrage. Je dois joindre ici que ce n'eſt qu'après des réflexions très-longues que je me ſuis déterminé à demander la permiſſion de le publier. La Navigation & la Science de la Conſtruction pouvant être enviſagés du côté des Connoiſſances phyſiques & du côté politique.

Quand on les conſidere ſous ce premier point de vue, il eſt certain que tous les principes ne peuvent être trop communiqués ; il en réſulte une diſcuſſion qui les étend encore davantage & qui en montre le degré de certitude & les limites ; mais vues du côté politique, c'eſt-à-dire, de l'intérêt des Nations, il eſt poſſible qu'on doive les reſtreindre.

La Nation qui pourroit ſe conſerver privativement la plus grande perfection dans les diverſes parties de la Marine, auroit un avantage & une prépondérance réelle ; mais dans l'impoſſibilité très-évidente de ſe réſerver des connoiſſances excluſives, au moins doit-on faire attention, dans la ſituation préſente, aux ſuites qui peuvent réſulter de leur plus grande étendue relativement aux genres de commerce des divers états,

en regardant comme un déſavantage & une perte tout ce qui nous bénéficie moins que les Nations rivales & voiſines.

La Nation qui fait le commerce le plus riche à proportion de ſon étendue, a le plus grand intérêt à perfectionner la théorie de la Conſtruction, & le moindre intérêt à inventer les moyens d'économie. Il lui eſt avantageux ſans doute de ne pas négliger ceux que les autres employent, puiſque ce ſeroit une perte ſans compenſation; mais ſi elle inventoit les moyens de rendre, pour ainſi dire, les Vaiſſeaux éternels, comme par la nature des choſes, cette connoiſſance deviendroit bientôt générale, elle favoriſeroit plus les Nations qui font un commerce conſidérable en étendue, qu'elle ne ſe favoriſeroit elle-même.

Si une puiſſance qui fait un commerce à proportion plus étendu que riche, étoit obligée d'avoir le double des Vaiſſeaux de guerre pour s'oppoſer aux entrepriſes des Nations voiſines, de ce que chacune d'elles eſt obligée d'avoir; il eſt encore certain que ce ſeroit à cette Puiſſance que la durée des Vaiſſeaux de guerre importeroit le plus, & ce ne ſeroit pas aux Nations qui font un commerce riche, mais peu étendu, qui pour ſe trouver en égalité de forces, ont beſoin d'un moindre nombre de Vaiſſeaux, à s'embarraſſer de chercher de nouveaux moyens d'en prolonger la du-

rée : il leur ſuffiroit de ne pas négliger les moyens d'économie employés par cette premiere Puiſſance.

Ces réflexions m'ont engagé à paſſer ſous ſilence quelques articles relatifs à la Conſtruction ; en ſuivant les mêmes principes, j'ai cru qu'il ſeroit utile de comparer quelques moyens d'économie employés chez les Nations voiſines.

Il ſuit de ces conſidérations, que c'eſt l'Eſpagne à qui la perfection de la Conſtruction importe le plus, & à qui la durée des Navires doit être la plus indifférente. L'union intime & eſſentielle des deux Couronnes, ne permettoit pas de regarder cette obſervation comme un obſtacle à la publication de ce Traité.

Il ſeroit ſans doute intéreſſant de ſuivre le progrés de l'Architecture navale, depuis les temps les plus reculés ; mais quand on veut parler avec certitude de la forme des Navires, on ne peut remonter au delà d'un ſiecle. On peut ſe former une idée de la force de ceux de guerre, il y a 200 ans, en examinant la liſte de la flotte armée en Eſpagne ſous Philippe II, & nommée l'*Invincible*. On voit qu'alors les Navires n'excédoient pas 50 canons. En 1610, on conſtruiſit en Angleterre un fort beau Vaiſſeau nommé le *Prince* ; ſa largeur étoit 44 pieds Anglois meſurés en dehors, ou environ 39 pieds François : c'étoit le plus grand & le meilleur Vaiſſeau qui eût été conſtruit. Le Pere Fournier

nier cite un Navire de 72 canons, nommé *la Couronne*, conſtruit en France, comme le plus grand & le plus beau Navire de ce temps : il avoit 44 pieds de large.

Mais, c'eſt principalement à la célebre rivalité entre l'Angleterre & les Provinces-Unies, que la Marine a dû les plus grands progrès : alors on vit des Flottes nombreuſes, & ce fut un nouveau genre de perfection que la hardieſſe avec laquelle on chargea d'artillerie des Navires de foibles dimenſions : lorſque Louis XIV voulut enſuite partager l'empire des mers, de nouveaux chefs-d'œuvres s'éleverent, & bientôt la conſtruction Françoiſe ſe diſtingua par la perfection des formes de la carene : on oſa faire le *Royal-Louis*, pour porter des canons de 48, 24 & 12 dans les trois batteries, & ce Navire conſtruit à Toulon, par *Coulomb*, fut célebre pour ſa ſtabilité. A Breſt, *Blaiſe Pangolo* déploya ſon génie en faiſant des Navires ſupérieurs, pour la marche, à ceux de leur temps ; les Mémoires de M. du *Guaytrouin* font connoître le *Lys*, ce Vaiſſeau qu'il a commandé dans un ſi grand nombre d'actions glorieuſes : on connoît auſſi l'*Amazone*, le *Jaſon*, & ces Navires ſeroient même à préſent de très-bons voiliers

Enfin, ſous le regne de Louis XV, le célebre *Olivier* parut.

C'eſt à ce dernier Conſtructeur que l'on doit le changement des formes de la carene & de la diſtribution des batteries des Frégates ; changement adopté en Angleterre, il a perfectionné tous les genres de conſtructions, & l'on peut dire à ſon honneur, que l'on trouve des vues ſaines juſques dans ſes erreurs, ſur-tout ſi on ne conſidere que les fonds.

Ces Hommes célébres, en prévenant la théorie par ce ſens droit & ce coup d'œil juſte qui ſont la baſe du vrai génie, ont aſſuré à la France la gloire d'avoir fait les découvertes les plus importantes.

Dans ces temps, il ſemble qu'on regardoit comme une choſe indiſpenſable de donner aux Navires toute la force dont ils étoient ſuſceptibles, eu égard à leurs dimenſions. L'incertitude où l'on étoit de réuſſir pour la marche, empêchoit d'abandonner un avantage certain, pour procurer une qualité qu'on n'étoit pas sûr d'obtenir ; ce qui eſt d'autant moins ſurprenant, que même à préſent, les Bâtimens conſtruits ſur le même plan n'ont pas toujours les mêmes qualités.

Si jamais on a eu lieu d'eſpérer la plus grande perfection dans l'Architecture Navale, c'eſt depuis que les Ingénieurs-Conſtructeurs réuniſſent à la pratique les connoiſſances les plus profondes. Inſtruit dans cet Art, par l'un d'eux (M. des Lauriers), je me

fais un devoir de rendre juſtice à un Corps auſſi éclairé.

Mais peut-être ces mêmes connoiſſances ont-elles fait négliger, dans ces derniers temps, l'économie & la force qui faiſoient l'objet principal des anciens Conſtructeurs; ceux d'à préſent, maîtres de donner aux Vaiſſeaux, les différentes qualités, ont préféré d'aſſurer principalement leur ſtabilité ou leurs forces pour porter la voile; ils ont en même temps cherché à donner une marche avantageuſe. Cette double vue ſe rempliſſoit en allongeant les Navires, & en diminuant leur artillerie, ou ce qui eſt la même choſe, en augmentant les proportions principales. Dès-lors, on a donné aux Vaiſſeaux de 64 canons, la même longueur qu'au *Royal-George*, Vaiſſeau du premier rang Anglois; des Frégates de 26 canons ont eu plus de longueur que les Vaiſſeaux de 60 canons Anglois. Peut-être la ſupériorité du nombre de Vaiſſeaux de la Marine Angloiſe, a-t-elle fait penſer que tout devoit être ſubordonné à la promptitude du ſillage.

Mais il arrive ſouvent que ces Navires très-longs, n'ont pas la ſupériorité de marche à laquelle tout a été ſacrifié. Une Théorie plus approfondie fera reconnoître que même relativement à cette qualité, la longueur de la carene doit avoir des limites, parce qu'elle a un rapport avec la hauteur de la voilure, qui néceſ-

ſairement eſt bornée, & parce que les obſtacles incalculables, tels que les inégalités, les coquillages, herbes qui s'attachent aux anciennes carenes, ſont en raiſon des ſurfaces : pour en donner quelque exemple, la *Chimere*, les Frégates conſtruites par M. *Guignace*, &c, ou le rapport des longueurs aux largeurs eſt renfermé dans les ancienes limites, marchent auſſi bien que celles qui ſont plus longues.

Dès-lors, il eſt abſolument déſavantageux d'affoiblir autant les Navires qu'on le fait maintenant par une longueur exceſſive qui faiſant qu'on gouverne mal, c'eſt-à-dire, dans un grand eſpace, rend les Navires peu propres à la guerre.

Nous ne craindrons pas ici de jetter un coup d'œil ſur les déſavantages que nous avons eu dans la derniere guerre, & d'en rechercher les cauſes ; ne pas ſe livrer à ces méditations, quelques fâcheuſes qu'elles puiſſent être, ce ſeroit ne pas remplir les intentions du Miniſtre qui m'a recommandé de ne négliger aucune conſidération dont il puiſſe réſulter quelqu'utilité, ce ſeroit s'expoſer à voir continuer ou peut-être même accroître ces mêmes déſavantages. Nous allons ici les parcourir.

1°. Il ſemble qu'on ait oublié que la qualité de bien gouverner, eſt la plus eſſentielle dans les combats, car on a fait tout ce qu'il falloit pour aſſurer aux An-

glois cet avantage ; les ſurfaces de nos gouvernails, ſont moindres de moitié que celles de leurs Navires : ainſi pendant que d'un côté la difficulté de tourner eſt augmentée, par la longueur d'un autre, on emploie, pour la vaincre, une moindre force.

Cependant les Rhéteurs qui ne voient dans tous les objets qu'une matiere aux déclamations, qui penſent qu'on peut parler de choſes qu'on n'entend pas, pourvu que les raiſons ſoient remplacées par des injures qu'ils croyent être une chaleur de ſtyle, trouveront étrange qu'on n'aborde plus. Ce ſera, ſelon eux, au moins ignorance dans les Officiers de la Marine : on peut cependant regarder comme une maxime inconteſtable, que le Navire François qui eſt au vent, ne peut, dans l'état actuel de la conſtruction, aborder un Navire Anglois qui eſt même fort près de lui, pour peu que ce dernier ait attention à ſa manœuvre ; il m'eſt peut-être permis de le dire, parce que j'ai eu lieu de le reconnoître en combattant le *Biddefort.*

2°. Ce genre de combat devient moins aiſé à faire réuſſir par l'augmentation des équipemens des Navires Anglois ; alors les Vaiſſeaux de 50 canons, par exemple, avoient 220, 240 hommes d'équipage, maintenant ils en ont 350 ; ils ſont à peu près armés comme les nôtres, & la diſtribution ordonnée par l'Amirauté d'Angleterre, paroît ſagement combinée.

3°. En liſant l'Hiſtoire de M. du Guaytrouin, &c. on voit qu'il avoit une plus grande difficulté à vaincre les Navires Hollandois à l'abordage que les Anglois ; *qu'importe*, comme dit le Roi de Pruſſe au Général de Fouquet, *de voir* ou de lire, *ſi ce n'eſt que pour entaſſer des faits dans ſa mémoire ; qu'importe, en un mot, l'expérience, ſi elle n'eſt dirigée par la réflexion.* Il y avoit donc une cauſe particuliere qui occaſionnoit cette différence ; on la trouve, en combinant les Réglemens de l'Artillerie de ces deux Nations : alors les Anglois ne chargeoient leurs pieces que d'un ſeul boulet, dans la crainte de les faire crêver, ainſi leur feu étoit moindre de moitié, car on ne peut compter le temps néceſſaire pour mettre un boulet de plus ; la ſupériorité actuelle de leur Artillerie, a fait corriger cette pratique. Qu'avons-nous à oppoſer de ce côté, une artillerie plus défectueuſe, & ce ne ſera pas un foible ſervice que rendra à l'Etat le Miniſtre qui ſonge à la rétablir.

J'ai cru devoir comparer, ſans prévention, nos proportions avec celles des Vaiſſeaux Anglois. Cette Nation ne s'eſt pas fait une peine d'imiter ce qui ſe trouvoit d'avantageux dans notre Conſtruction ; ainſi elle a adopté en général le retranchement des demi-batteries dans les Frégates ; elle a ſubſtitué les Vaiſſeaux percés 14 & 15 aux anciens Navires à trois ponts

de 80 canons, & l'on pourroit même dire que notre Conſtruction a été adoptée, ſi ce n'eſt que nous l'avons changée depuis une vingtaine d'années : nous devons pareillement imiter leur peu de rentrée dans les Frégates, ne pas excéder dans les longueurs, & ne pas ſacrifier inutilement & la force des Navires & la facilité de gouverner.

Quoique dans ce Traité, je ne ſuive pas toujours l'opinion de M. Bouguer, que mes principes ſoient quelquefois différens, on reconnoîtra aiſément que le Traité du Navire m'a fourni la plus grande partie de ceux que j'emploie. Je dois auſſi beaucoup aux Ouvrages de MM. Euler & l'Abbé Boſſut, ma ſituation m'ayant donné la facilité de comparer avec l'expérience les divers réſultats de la Théorie ordinaire : j'ai vu que la poſition de la mâture, ne dépend pas de la ſeule configuration de l'avant ; la néceſſité de conſidérer la partie poſtérieure de la carene, a demandé un exemple plus particulier de la Théorie des fluides, & je ne me ſuis permis d'adopter de nouveaux principes qu'après avoir calculé les Navires de différentes formes, & dans diverſes ſituations, & en avoir vérifié les réſultats.

Il eſt fâcheux que les Conſtructeurs ſe ſoient diſpenſés de faire les calculs qu'on peut déduire des regles établies dans le Traité du Navire : à la vérité, les méthodes indiquées étoient fort longues, ſujettes à erreur

dans quelque cas ; & pas assez développées pour être aisément mises en pratique. J'ai cherché à remédier à ces inconvéniens, en donnant le modele de tous les calculs auxquels on peut assujettir les Navires. Si c'est une peine superflue, quand on se contente de suivre les formes reçues ; au moins est-ce une chose indispensable, lorsqu'on veut les varier considérablement ; c'est d'ailleurs le seul moyen d'apprécier les changemens faits à la théorie ordinaire.

J'ai repris avec de légers changemens le travail sur la fixation des rangs des Vaisseaux faits en 1753, de concert avec M. de Morogues, Lieutenant-Général des Armées du Roi, & M. Gauthier, Constructeur, maintenant employé en Espagne avec un Brevet de Brigadier. Je n'ai négligé aucuns soins pour rendre ce travail exact.

L'amour de nos Rois pour les Sciences, & la protection éclairée des Ministres, ont formé dans la France seule ces corps nombreux, distingués par les connoissances les plus profondes. Le Ministre qui étoit il y a une trentaine d'années à la tête de la Marine, & que nous voyons maintenant honoré de la confiance du Roi, a voulu que les Constructeurs fussent instruits, déja célébre pour avoir procuré à l'Europe cette base assurée des connoissances astronomiques & hydrographiques, la mesure des degrés du Méridien. On lui

doit

doit cette heureuſe alliance des connoiſſances aſtronomiques avec celles de la Marine, dont l'exemple donné en Eſpagne par Dom George Juan & Don Antonio de Ulloa, & en France par MM. de Chabert & Bory, ſe trouve avoir été ſuivi avec diſtinction par MM. de Fleurieu & de Charnieres, & un très-grand nombre d'Officiers de la Marine.

Je me ſuis déterminé d'autant plus volontiers à dire mon opinion ſur ce qui a raport à notre Conſtruction, que j'y ai été engagé par pluſieurs Conſtructeurs, & je ſuis perſuadé que leur zele pour le ſervice du Roi leur fera recevoir avec plaiſir les idées utiles qui pourront s'y trouver, ou couvrir de leur indulgence les erreurs que j'aurai pu commettre.

Au reſte, cette indulgence que je réclame, n'eſt pas le ſilence ſur mes erreurs; comment pourrois-je trouver étrange que les nouveaux principes que j'établis paruſſent conteſtables? Comment pourrois-je me perſuader qu'en traitant des Fluides conſidérés ſous un ſi grand nombre de points de vue nouveaux, il ne ſoit pas échappé d'erreurs? Je prie ſeulement les Conſtructeurs d'être perſuadés que mes obſervations ont été dictées par le zele pour le ſervice du Roi, & une véritable eſtime pour leur Corps.

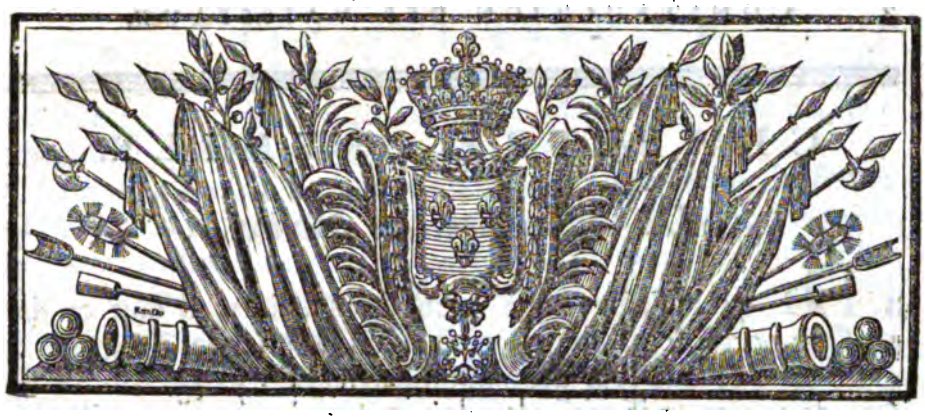
M. le Chevalier de Borda qui a examiné mon Traité de Conſtruction, a bien voulu me communiquer ſes

obſervations, & m'avertir de quelques négligences. Ce Traité n'a pu que gagner conſidérablement du côté de la perfection, par les marques d'attachement qu'un Cenſeur auſſi éclairé a bien voulu me donner. Jai marqué avec ſoin les différens articles où nos opinions ſont différentes; le Lecteur eſt prié de redoubler alors d'attention, & de varier même les expériences qui permettront de ſe décider entr'elles: car il ne s'agit pas de ſavoir de qui l'hypotheſe eſt la véritable, mais quelle eſt la vraie théorie.

TABLE
DES CHAPITRES
Contenus dans ce Volume.

PRÉFACE. page j
Introduction. 1
CHAP. I. *Du Déplacement des Navires.* 2
CHAP. II. *Du Jaugeage des Vaiſſeaux.* 9
CHAP. III. *Du Centre de gravité.* 12
CHAP. IV. *De la Stabilité.* 18
CHAP. V. *Du Roulis & du Tangage.* 37
CHAP. VI. *Des Vagues.* 52
Table des Vagues ; Denſités du Vent & de l'Eau. ibid.
CHAP. VII. *Théorie de la réſiſtance des fluides.* 56
Des réſiſtances directes. 61
De l'Impulſion latérale. 67
Remarques générales. 68
Calcul des réſiſtances. 69
CHAP. VIII. *Des Conoïdes de moindre réſiſtance.* 74
Conoïdes de moindre réſiſtance, premiere hypotheſe. 78
Dimenſions du Conoïde, ſeconde hypotheſe. 79
Conoïde de la plus grande vîteſſe. 79
CHAP. IX. *Théorie de la Mâture ou des effets de l'eau & du vent combinés enſemble.* 84
De la Figure qu'il faudroit donner aux Vaiſſeaux, pour qu'ils gouvernaſſent parfaitement bien, par le moyen des voiles. 86
De la Vîteſſe du Vaiſſeau. 91
CHAP. X. *De la Mer agitée.* 99
Remarques importantes. 102

CHAP XI. *De la facilité de gouverner par le Gouvernail.* 104
CHAP. XII. *Des Navires allant à la Rame.* 111
CHAP. XIII. *Des Mouvemens accélérés.* 113
Vîteſſe & Effort de l'Eau & de l'Air. 120
CHAP. XIV. *Réſumé des Principes généraux de Conſtruction & Manœuvres des Vaiſſeaux.* 121
CHAP. XV. *De la Réſiſtance des bois & agrêts des Vaiſſeaux.* 144
De l'Arc des Vaiſſeaux. 152
Des Cordages. 156
De la force que doivent avoir les Cordages. 157
Des Cables & Ancres. 159
Diverſes Obſervations. 160
CHAP. XVI. *De la fixation des rangs.* 165
Fixation des équipages des Vaiſſeaux de guerre; 170
Proportions des Navires Anglois. 175
Rangs des Vaiſſeaux de guerre. 176
Des Frégates. 180
De l'Equipement des Frégates. 183
Rangs des Frégates. ibid.
*Calculs de la Frégate l'*Unicorne. *Déplacement* 187 & 188
Hauteur du Centre de Gravité, 189
Poſition du Centre de Gravité dans le ſens de la longueur, 190 & 191
Stabilité latérale, 192
Stabilité dans le ſens de la longeur. 193
Table des Cubes, 194 & 195
Calcul des réſiſtances verticales & directes; 196 & 198
Hauteur du Point vélique, 199
Augmentation de réſiſtances dans les routes obliques, 200



CONSTRUCTION
DES VAISSEAUX.

INTRODUCTION.

ON peut diviſer les Vaiſſeaux en deux claſſes diſtinctes : ceux qui ſont faits pour aller à la voile, & ceux qui ſont faits pour aller à la rame. Les Vaiſſeaux marchands & ceux de guerre ſe rapportant à la premiere de ces claſſes, n'ont aucune différence eſſentielle ; les Vaiſſeaux de guerre exigent ſeulement une plus grande perfection dans leur conſtruction. Les Galeres & même les Chebecs forment la deuxieme claſſe ; mais on doit obſerver que comme ces Bâtimens doivent aller en même temps à la voile, les principes de conſtruction ſont applicables à tous les Navires. On ſe propoſe de les établir dans ce Traité ; on montrera quelles ſont les modifications que les diverſes circonſtances de l'état de la mer y apportent. Comme l'architecture navale & quelques mémoires de M. Grognard renferment à peu près tout ce que l'on peut dire ſur la pratique de la conſtruction, on ſe contentera d'y joindre le peu de remarques eſſentielles qui ont pu être négligées dans ces ouvrages.

CHAPITRE PREMIER.

Du déplacement des Navires.

1. DE quelqu'eſpece que ſoient les Navires, il faut qu'ils puiſſent porter leurs coque, agrêts, vivres pour les équipages, enfin tout ce que leur deſtination particuliere exige. Un Vaiſſeau de guerre, par exemple, doit porter de plus ſon artillerie & tout ce qui y a rapport; un Vaiſſeau marchand ou de tranſport doit pouvoir porter la charge pour laquelle on le conſtruit: une certaine quantité de leſt eſt encore néceſſaire à tous les Navires; c'eſt la premiere choſe dont on doit s'aſſurer, non ſeulement parce que des Vaiſſeaux qui ne pourroient porter ce qui leur eſt néceſſaire, ne rempliroient pas le ſervice auquel ils ſont deſtinés, mais encore parce que ce calcul eſt un préalable indiſpenſable, pour s'aſſurer s'ils auront une ſtabilité ſuffiſante, qualité qu'on ſait être eſſentielle.

2. Le principe d'hydroſtatique qu'on doit toujours avoir préſent à l'eſprit, c'eſt qu'un corps qui flotte ſur une liqueur, enfonce dans l'eau d'une quantité égale à ſon poids. Si un Navire peſe 500000 livres, il enfonce dans l'eau juſqu'à ce qu'il occupe la place de 500000 livres d'eau; ſi on y ajoute un nouveau poids, il enfoncera dans l'eau juſqu'à ce que le nouveau volume d'eau qu'il déplace, peſe autant que ce nouveau poids. Cette expérience ſimple & répétée bien des fois, étant la baſe de la théorie des fluides, & inconteſtable, on ne cherchera pas à la démontrer; car il faudroit toujours revenir à des expériences, & on ſe contentera de ſuivre les conſéquences qu'on en a tirées. De ce qu'un corps plonge dans l'eau juſqu'à ce qu'il occupe un volume dont le poids ſoit égal au ſien, & reſte alors immobile, il ſuit que, puiſque la peſanteur ceſſe d'avoir ſon effet, il faut que ce corps ſoit repouſſé par le fluide avec une force égale à la peſanteur, & dont la direction lui ſoit oppoſée. Cette force, qui eſt une ſuite de la fluidité de l'eau ou de ſon effort

pour reprendre ſon niveau, eſt connue ſous le nom de *pouſſée verticale;* on l'obſerve quand on fait effort pour faire plonger dans l'eau quelque corps d'un grand volume.

Tout le monde remarque auſſi que, quelque ſoit la forme de ce corps plongé dans une eau immobile, il n'a aucun mouvement latéral; ce qui fait reconnoître que les impulſions horizontales ſur un plan, ſont toujours égales & oppoſées, quelque ſoit la courbure des ſurfaces qui le recouvrent.

3. Il étoit eſſentiel de connoître le poids des différentes liqueurs, ſur-tout celui de l'eau douce & de l'eau de mer. Des expériences très-exactes, rapportées dans l'architecture navale, ont fait reconnoître que le Thermometre de M. de Reaumur étant à 17 degrés au deſſus de la congellation, un pied cube d'eau de mer peſe 71 livres 5 onces 7 gros, & qu'un pied cube d'eau douce peſe 69 livres 9 onces 4 gros, enſorte que le rapport de leur peſanteur ſpécifique eſt celui de 1027 à 1000, à quelques variations près, occaſionnées par la différente quantité de ſel qui entre dans l'eau, & la différente température de l'air. Le même volume d'eau eſt plus peſant en hiver qu'en été; mais ces variations peuvent ſe négliger. Le poids des autres liqueurs n'eſt pas important à connoître quand on ne s'occupe, comme nous faiſons ici, que de la conſtruction des Vaiſſeaux.

4. On connoît aſſez exactement les différens poids qui doivent entrer dans les Navires ſelon leur deſtination, & il eſt eſſentiel dans tous les Vaiſſeaux, ſur-tout dans ceux de guerre, de fixer le point de leur enfoncement, afin que les batteries ſoient ſuffiſamment élevées, & que le *fort* des couples, c'eſt-à-dire l'endroit le plus large, ſoit convenablement diſpoſé. Le Conſtructeur ſera aſſuré de remplir cet objet eſſentiel, ſi le poids du volume d'eau, que le Navire déplace quand il eſt à ſon point d'enfoncement déterminé, eſt égal aux différens poids. C'eſt la premiere regle de conſtruction. Le poids de ce volume d'eau ſe nomme *le déplacement de la carene;* on nomme *ligne d'eau de flottaiſon*, ou ſeulement *ligne de flottaiſon*, celle qui fixe le point juſqu'où le Navire enfonce dans l'eau.

Nous n'avons maintenant beſoin pour faire uſage des remar-

ques précédentes, que d'une méthode ſimple & réglée de meſurer la ſolidité de la carene & de toutes ſes parties. Il ſeroit à ſouhaiter qu'on pût la regarder comme un corps géométrique d'une certaine figure déterminée; il ſuffiroit d'en prendre les principales dimenſions; on en concluroit tout d'un coup la ſolidité. Si par exemple on attribuoit à la carene la figure de l'ellipſoïde, dont la ſolidité eſt à celle du parallélipipede circonſcrit, comme 11 eſt à 21, après avoir meſuré les trois principales dimenſions de la carene, c'eſt-à-dire, la longueur, la largeur & la profondeur, & en avoir cherché le produit, il ne reſteroit plus qu'à en prendre le $\frac{11}{21}$; mais l'on ne peut attribuer aux Vaiſſeaux aucune forme géométrique, ni même conſtante. On trouve des capacités différentes de $\frac{1}{3}$, les trois principales dimenſions de la carene étant les mêmes; il faut donc abſolument renoncer aux méthodes qui ſuppoſent quelque rapport conſtant entre le parallélipipede circonſcrit à la carene & à ſa capacité, & l'on ne peut en déterminer la ſolidité, qu'en la diviſant en un grand nombre de parties.

5. Tout l'art qu'on peut employer dans cette opération, conſiſte à faire enſorte que les diverſes parties, dans leſquelles on partage la carene ou tout autre corps dont on cherche la ſolidité, ſoient des figures de même eſpece, & aient le plus de dimenſions égales qu'il ſera poſſible. On partagera, par exemple, la carene par divers plans horizontaux ou lignes d'eau à égale diſtance les uns des autres; on imaginera enſuite d'autres plans verticaux ou *gabarits* perpendiculaires à la longueur du Navire & également éloignés.

Si par exemple BNGMA, figure premiere, repréſente la coupe horizontale de la carene faite à fleur d'eau, les largeurs ST. QR. &c. ayant été meſurées à des diſtances égales les unes des autres, pour avoir l'étendue de la ligne d'eau, ou de tous les trapezes dans leſquelles cette ſurface eſt diviſée, il n'y aura qu'à multiplier la diſtance 0.1 ou 1.2. d'une largeur à l'autre, par la ſomme de toutes les largeurs intermédiaires QR. OP. MN &c. & de la moitié de la premiere & de la derniere.

Suppoſons que toute la longueur OG ſoit de 120 pieds;

& qu'on ait diviſé cette longueur en ſix parties égales, les largeurs AB. ST. QR. MN. KL. HI. & G étant de 18. 23. 28. 30. 30. 21 & O en G, faiſant une ſomme des intermédiaires & de la moitié des deux extrêmes, on aura 141, qu'il ſuffit de multiplier par la diſtance 0.1 ou 1.2 &c. d'une largeur à l'autre, qui eſt de 20 pieds, on aura 2820 pieds quarrés pour l'étendue de tous les trapezes ou de la ſurface entiere AMGNB qui ſera ſenſiblement la même, ſi on a pris un aſſez grand nombre de largeurs, pour que les parties GH. NK. KM &c. different peu d'être des lignes droites. Si les diſtances étoient inégales, il y auroit un peu plus de peine à calculer, mais on ſuivroit les mêmes principes; on ſait que pour avoir l'étendue d'un trapeze, il faut multiplier la moitié de la ſomme des deux largeurs extrêmes par la hauteur; ainſi on auroit pour l'étendue de ces trapezes $\frac{AB+ST}{1} \times 0.1 + \frac{ST+QR}{1} \times 1.2 + \frac{QR+OP}{1} \times 2.3 + \frac{OP+MN}{2} \times 3.4 + \frac{MN+KL}{2} \times 4.5 + \frac{KL+HI}{2} \times 5.6 + \frac{HI+G}{1} \times 6.G$. Cette méthode, qui eſt générale, exige un plus grand nombre de multiplication; mais comme il y a dans les plans de Vaiſſeaux beaucoup de couples à diſtances égales, on calcule par une ſeule opération tous ceux qui ſont ainſi eſpacés, & on y joint les ſurfaces de ceux qui ont des diſtances inégales par une opération particuliere; en effet ſi, dans l'exemple précédent, on ſuppoſe la ſeule diſtance 3. 4 inégale, on aura $\frac{AB+ST}{1} \times 0.1 + \frac{ST+QR}{1} \times 0.1$ égale $1.2 + \frac{QR+OP}{1} \times 0.1$ égal $2.3 + \frac{OP+MN}{2} + 3.4 + \frac{MN+KL}{1} \times 0.1$ égal $4.5 + \frac{KL+HI}{1} \times 0.1$ égal $5.6 + \frac{HI+G}{1} \times 0.1$ égal $6\,G$ ou $\left(\frac{AB}{2}+ST+QR+\frac{OP}{2}+MN+\frac{KL}{2}+HI+\frac{G}{2}\right) \times 0.1 + \frac{OP+MN}{2} \times 3.4$

6. On trouvera de la même maniere l'étendue de toutes les coupes horizontales LO. KN &c. de la figure Q, où elles ſont rapportées ſur le plan de longueur; pour avoir leur ſolidité, ſi les diſtances de ces coupes ſont égales, on fera une ſomme

des ſurfaces intermédiaires & de la moitié de la premiere & de la derniere, qu'on multipliera par leurs diſtances; lorſqu'on diviſe la carene en un petit nombre de lignes d'eau, cette méthode ne ſeroit pas aſſez exacte pour la partie inférieure de la carene, parce que ſa courbure eſt conſidérable; ainſi il ſera bon dans ce cas de la diviſer en pluſieurs parties plus petites par d'autres plans horizontaux dont la diſtance ſera égale. Diviſant la carene en cinq à ſix lignes d'eau, & la partie inférieure compriſe depuis la quille juſqu'à la premiere ligne d'eau nommée *ligne d'eau des fonds*, en deux ou trois autres ſubdiviſions, ſelon que cette partie a plus ou moins de courbure, on a une très-grande exactitude. Cette méthode de calculer, rapportée d'après M. Bouguer, eſt très-ancienne parmi les Conſtructeurs; le célebre Olivier le pere pouſſoit l'exactitude juſqu'à partager la carene en diverſes lignes d'eau, éloignées ſeulement d'un pied l'une de l'autre.

7. Comme tous les Bâtimens en général, ceux même conſtruits par les Sauvages, les ſeuls *pros* exceptés, (on en voit la deſcription dans le voyage de l'Amiral Anſon) étant conſidérés relativement au plan qui coupe le Vaiſſeau parallelement à la quille, ont les deux côtés des gabarits parfaitement ſemblables, on a coutume de ne marquer dans les plans que les demi-largeurs, & ce ſont ces demi-largeurs que l'on meſure; ainſi on n'a que la moitié du déplacement total, qu'il faut par conſéquent doubler; ce déplacement total exprimé en pieds cubes doit être multiplié par 71 liv. 6 onces, poids du pied cube d'eau de mer, & diviſé par 2000 pour réduire le déplacement en *tonneaux*. Ce ſera la même choſe ſi on diviſe le déplacement de la moitié du Vaiſſeau par 1000 liv. après l'avoir multiplié par le poids d'un pied cube; on peut auſſi diviſer ce déplacement, exprimé en pieds cubes, par 14; car le tonneau eſt équivalent au poids de 28 pieds cubes à peu près, & déſigne un poids de 2000 livres. Ces meſures ſur leſquelles on calcule le déplacement des Vaiſſeaux, doivent être extérieures, c'eſt-à-dire, on doit les prendre en dehors des bordages; il faut donc ajouter au plan vertical, qui ſert à modeler les *couples* ou *gabarits*, les épaiſſeurs des bordages, qui, comme on ſait, ne

ſont pas uniformes, & ſont vers la flottaiſon à peu près doubles de ceux des fonds. C'eſt ce qu'on obſerve dans les plans Anglois, où la ſurface extérieure du Vaiſſeau eſt repréſentée par les couples. Pour éviter la peine de faire ce nouveau plan, les Conſtructeurs calculent ſouvent le déplacement intérieur pris ſur le plan vertical, qui eſt le modele des gabarits, & ajoutent enſuite le poids du bordage, en prenant le contour moyen des couples & des lignes d'eau, qu'ils multiplient l'un par l'autre & par l'épaiſſeur des bordages des fonds. Pour la partie ſupérieure de la carene où commence l'augmentation des bordages, on multiplie la ſurface de cette partie par l'augmentation moyenne de l'épaiſſeur; on y ajoute enſuite le volume d'eau que déplace la quille. A la vérité le calcul de ce déplacement n'eſt pas abſolument utile, à cauſe du peu de différence entre le poids de la quille & celui du volume qu'elle déplace. Peut-être ſeroit-il permis, dans ce calcul, de regarder la carene comme un corps géométrique : car les principales dimenſions étant données, les ſurfaces de corps très-différens en ſolidité ſont preſque les mêmes; le quart de cercle & l'hypothenuſe d'un triangle rectangle, dont la largeur eſt égale à la hauteur, ne different que de $\frac{1}{10}$, pendant que leurs aires different d'un tiers : alors il faudroit comparer la carene à l'ellipſoïde; mais il vaut mieux ſuivre une des deux méthodes ci-deſſus indiquées.

8. On trouvera de même le déplacement du *doublage*, lequel eſt un nouveau bordage beaucoup plus mince appliqué ſur le véritable. Sa ſurface intérieure eſt garnie de papier, verre pilé, & de poil pour arrêter le travail des vers de mer; la ſurface extérieure eſt quelquefois *maillée*, c'eſt-à-dire, preſque garnie de cloux à tête fort large qu'on enfonce dans le doublage. Comme ce doublage eſt fait avec des bordages très-minces, & n'a pas une grande différence de peſanteur ſpécifique avec l'eau de mer quand il eſt imbibé, ce ſeroit une peine inutile que de faire ce calcul, qui d'ailleurs ſe rapporte à celui des bordages.

On évitera auſſi de confondre le doublage avec le *ſoufflage* que l'on met aux Vaiſſeaux qui ont trop peu de ſtabilité. Ce ſoufflage, & principalement celui *ſur taquets*, n'occupent que

quelques virures à la flottaiſon; car ſi on le continuoit juſqu'à la quille, toute cette partie inférieure nuiroit à la ſtabilité. Comme il ne s'agit ici que du déplacement, on ſe contentera de remarquer qu'on le calculeroit en meſurant à part cette partie, ainſi qu'on fait pour les bordages vers la flottaiſon.

Enfin la néceſſité de proportionner les déplacemens des différentes parties du Vaiſſeau à la ſomme de leurs poids, oblige de calculer les déplacemens de l'avant & de l'arriere des Vaiſſeaux. Comme on met ſur l'avant les parties plus peſantes, il faut que cette partie déplace un volume plus conſidérable que l'arriere; la différence doit être d'environ $\frac{1}{12}$ du déplacement de chacune de ces parties; mais comme elle dépend principalement de la poſition des mâts, quand on conſidere les qualités du Vaiſſeau, ce rapport ne doit être regardé que comme un à peu près utile.

CHAPITRE

CHAPITRE II.

Du Jaugeage des Vaiſſeaux.

9. CE qu'on entend par *tonneaux d'arrimage* eſt une meſure de 42 pieds cubes. Le Légiſlateur l'a défini, il ne peut donc y avoir aucune difficulté; & ſi on cherche le rapport qu'il y a entre cet eſpace & le tonneau, on le trouvera auſſi exact qu'il ſe puiſſe. Les habitans d'Oleron & des côtes voiſines ont donné les loix de la mer pendant long-temps, & rapporté les meſures au tonneau, le parallélipipede circonſcrit à ces tonneaux eſt de 44 pieds cubes. La barrique de vin de Bordeaux, qui (Traité du Navire, page 230) devoit avoir 12 pieds $\frac{1}{8}$ pour le parallélipipede circonſcrit, a maintenant quelque choſe de plus. Comme les barriques ſe mettent dans intervalles les unes des autres, & non pas bonde ſur bonde, il y a $\frac{2}{15}$ à retrancher ſur la hauteur des barriques quand il y a deux plans; un ſeul rang n'éprouve aucun changement; ſi on a cinq rangs de barriques, les mettant bonde ſur bonde, elles occuperoient $\frac{75}{15}$, ou cinq hauteurs de barriques; les mettant dans les intervalles, la hauteur eſt $\frac{67}{15}$; ainſi pour les tonneaux de Saintonge on diroit 75, 67 :: 44, parallélipipede circonſcrit au tonneau : 39 $\frac{1}{3}$ eſpace moyen néceſſaire pour placer quatre barriques : de même le tonneau de Bordeaux exige ſeulement un eſpace de 43 à 44 pieds; c'eſt ce que la figure 3 montre évidemment. Les hauteurs néceſſaires pour deux rangs de barriques, lorſqu'elles ſont placées dans les intervalles, éprouvent une diminution dans le rapport de $\sqrt{3}$ à $\sqrt{4}$; auſſi compte-t-on dans les Vaiſſeaux de la Compagnie maintenant 44 pieds & demi pour tonneau de Bordeaux; mais cela dépend du nombre de plans, de la forme des Navires, de leurs dimenſions; enfin ſi l'on peut dire que, relativement aux barriques de Bordeaux, l'eſpace eſt 42 pieds, eſt en général un peu trop foible : il eſt trop fort pour les barriques de Saintonge.

Le Légiſlateur devoit ſtatuer ſur le jaugeage intérieur, ou

de la calle, comme plus relatif au commerce; on remplit la calle d'un Vaiſſeau, mais on s'embarraſſe peu de la ligne de flottaiſon toujours variable. Comment pouvoit-on ſans cela régler la portion des Intéreſſés qui fretent un Navire? Celui qui ſait qu'il a dix tonneaux ou 420 pieds de place dans la calle, ſe prépare en conſéquence. Soit qu'il prenne des effets plus ou moins lourds, il ſait que cette place lui eſt réſervée; mais ſi chaque Intéreſſé avoit un certain poids, il ſeroit poſſible que les derniers ne puſſent rien embarquer, ſi les premiers Armateurs avoient embarqué des choſes fort légeres, parce qu'il ne leur reſteroit pas de place. Le ſeul inconvénient actuel eſt que le Vaiſſeau peut être plus ou moins chargé; mais les Navires marchands doivent être conſtruits de maniere à naviguer ſûrement avec des tirants d'eau bien différens.

Ces réflexions, quoiqu'étrangeres à la conſtruction, ont paru néceſſaires pour diſſiper les difficultés non exiſtantes que M. Bouguer fait entrevoir; on peut d'ailleurs en tirer une conſéquence utile; c'eſt que dans les campagnes où on a beaucoup d'eau à embarquer, il eſt fort utile de former les plans en pieces égales; peut-être même cela ſeroit-il préférable en général pour toutes les campagnes, à moins que la hauteur de la calle n'y apportât un obſtacle; il ne faut pas cependant négliger d'avertir, que, quoique cela fût plus avantageux l'arrimage ſeul conſidéré, il eſt d'un autre côté moins fatiguant pour ceux qui travaillent dans la calle, que les plans ſupérieurs, qu'il faut ſouvent déplacer, ſoient formés de pieces moins peſantes.

10. Le jaugeage, ainſi qu'il eſt fixé par le Légiſlateur, étant relatif à la capacité de la calle, on l'aura avec d'autant plus de préciſion, qu'on prendra un plus grand nombre de meſures. Quelques perſonnes meſurent la profondeur de la calle en cinq endroits différens; au milieu, au pied du mât de miſaine, à huit ou neuf pieds de l'eſtambot, & à des diſtances moyennes entre le milieu & ces dernieres; faiſant une ſomme de ces cinq profondeurs, ils en prennent le cinquieme, qu'ils nomment *profondeur réduite*. Ils meſurent les largeurs dans les mêmes endroits, mais ils en prennent trois, l'un en haut au deſſous des baux, l'autre au milieu de la hauteur, la derniere en bas; ils ajoutent

enſemble toutes ces largeurs & en prennent la quinzieme partie, ce qu'ils nomment *largeur réduite*, qu'ils meſurent par la profondeur réduite de ce dernier produit, par la longueur de la calle; ce qui donne à peu près la capacité qu'ils cherchent, laquelle doit toujours être plus foible que la capacité réelle. Au reſte, il vaut mieux ſuivre les regles générales qui ont été données pour connoître la ſolidité d'un corps.

11. Dans les Vaiſſeaux de guerre de France, le mot tonneau ſe rapporte principalement à un poids de 2000 liv. Le Vaiſſeau trop chargé ne pourroit ſe ſervir de ſa premiere batterie, & la hauteur de ſa flottaiſon eſt ſuſceptible d'une bien moindre variation proportionnelle. C'eſt en ce ſens que l'on entend le mot tonneau, à moins qu'on n'y joigne la diſtinction de tonneau d'arrimage; ce qu'on appelle port en tonneaux dans ces bâtimens en France, eſt la totalité du poids qu'ils peſent tout armés, à la ſeule déduction du poids de la coque; ainſi cette déſignation renferme les agrêts, artillerie, vivres, leſt, équipages: elle me paroîtroit défectueuſe, ſi ce n'eſt qu'il ſuffit de définir les mots dont on ſe ſert pour les rendre également exacts. En Angleterre le mot que nous traduiſons par port a un ſens conſtant pour les Navires marchands & ceux de guerre.

Pour trouver le port des Vaiſſeaux de guerre, on meſure par les procédés indiqués ci-deſſus (N° 6.) La ſolidité de la partie de la carene compriſe entre la coupe horizontale faite à fleur d'eau quand le Navire eſt chargé, & la coupe faite à fleur d'eau lorſqu'il eſt abſolument vuide, c'eſt-à-dire ſans mâture, leſt, ni agrêts, &c. M. Olivier diviſoit cette partie de la carene par des plans à un pied l'un de l'autre; mais il eſt ſuffiſant de la partager par deux plans intermédiaires. Les méthodes géométriques, celles même qui n'emploieroient que la loi de l'accroiſſement des coupes horizontales, doivent être rejettées, à cauſe de la grande variété de figures employées dans la conſtruction qui rend la méthode générale & préférable.

On donnera à la fin de ce Traité le calcul du déplacement d'un Navire; ce qui montrera la diſpoſition qu'il eſt le plus à propos de donner à ces calculs, & contribuera à l'éclairciſſement de la méthode qui a été enſeignée dans cet ouvrage.

CHAPITRE III.

Du Centre de gravité.

I.

12. SI une verge inflexible BP (*Figure 4.*) ſoutenue par un appui très-délié en A, reſte en équilibre, ce point A eſt nommé *le centre de gravité*, ou plus exactement la verticale qui paſſe par ce point, paſſe par le centre de gravité; car il faut remarquer que ce centre eſt dans l'intérieur du corps. Cette même verge, ſoutenue par le point I placé dans la même verticale, reſteroit pareillement en équilibre; ainſi lorſqu'une romaine chargée de poids placés en O & L, & ſuſpendue par le point I, eſt en équilibre, ce point I eſt dans la verticale qui paſſe par le centre de gravité de ces poids, ſi l'on fait abſtraction de la peſanteur de la verge.

L'expérience a montré que la verge étant ſoutenue par le point A, ſi l'on met en O un poids P peſant 2 liv., il faut mettre de l'autre côté vers L un poids Q, qui ſoit au poids P en raiſon inverſe des diſtances AL & AD; enſorte que ſi la diſtance AL eſt double de AO, le poids Q doit être la moitié du poids P; & pareillement ſi le poids Q eſt donné & s'il eſt d'une livre, ou par rapport à P, s'il eſt dans le rapport de 1 à 2, la diſtance AL doit être double de la diſtance AO; enſorte qu'on peut regarder comme un principe de méchanique les mieux démontrés par la force de l'expérience, que la force des corps pour altérer l'équilibre eſt en raiſon compoſée des poids & de leur diſtance au point d'appui. Cette force ou ce produit ſe nomme *moment;* & il ſuit de ces expériences inconteſtables, que, dans le cas d'équilibre, les momens de part & d'autre du point de ſuſpenſion ſont égaux, & ce point ſe confondant alors avec le

centre de gravité, les momens des deux côtés du centre de gravité ſont pareillement égaux; enſorte que leur action doit ſe détruire.

13. Ces réflexions conduiſent à trouver le centre de gravité d'une façon très-ſimple. On ſuppoſe un point d'appui quelconque, ſoit à une des extrêmités de la verge, ſoit dans ſa longueur. Suppoſons d'abord qu'il ſoit en B à l'extrêmité, on cherchera le moment du poids P par rapport au point B, c'eſt-à-dire, on multipliera P par BO, & celui du poids Q, par rapport au même point B, ſera Q. BL. La ſomme de ces momens ou P. BO+Q. BL, eſt l'effort avec lequel les poids font pencher la verge vers D; mais par rapport au centre de gravité, les momens doivent être nuls; cela arrivera ſi on prend un point vers D par rapport auquel ils ſoient diminués de la même quantité. Si, par exemple, le poids P étant de 10 liv. & le poids Q de 30, les diſtances BO & BL ſont de 6 & de 20 parties, le moment de P eſt 60, & celui du poids Q eſt 600, la ſomme des efforts eſt 660 par rapport au point B; ſi l'on diviſe cette ſomme des momens 660 par celle des poids 40, le quotient 16 $\frac{1}{2}$ ſera la diſtance du point B au centre de gravité; car par rapport à ce nouveau point, les momens ſeront de 660, moindres que par rapport à B, & ſeront nuls par conſéquent.

On peut pareillement ſuppoſer le point d'appui, ſoit entre les poids, ſoit à la place où eſt ſitué un des poids. Dans le premier cas, c'eſt la différence des momens qu'il faut diviſer par la ſomme des poids; ainſi, dans l'exemple précédent, je ſuppoſe qu'on prenne le point d'appui en H éloigné de B de dix parties, le moment du poids P ſera 10 .4 ou 40, celui de Q ſera 30. 10 ou 300; & comme ces efforts ſont oppoſés, puiſque l'un tend à incliner la verge du côté de B & l'autre du côté de D, il faut n'en prendre que la différence 260 qu'on diviſera par 40, ſomme des poids, le quotient ſera 6 $\frac{1}{2}$; ainſi le centre de gravité ſera à 6 parties $\frac{1}{2}$ de H vers D, ou à 16 parties $\frac{1}{2}$ de B vers D, comme on avoit trouvé ci-devant.

Enfin on peut ſuppoſer le point d'appui à l'endroit d'un des poids; ſuppoſons-le en O dans la verticale du poids P, alors

le moment de P devient nul, puiſqu'il eſt P . O ; mais celui de Q eſt Q. OL. ou 30. 14 ou 420 qu'on diviſe par 40, ſomme des poids, le quotient 10 $\frac{1}{2}$ montre que le centre de gravité eſt à 10 parties $\frac{1}{2}$ de O vers D, ou à 16 $\frac{1}{2}$ de B comme on a trouvé.

C'eſt la même choſe ſi on a un plus grand nombre de poids; on prendra un point d'appui quelconque; ſi en le ſuppoſant dans l'intervalle des poids, les momens à droite & à gauche ſont égaux & ſe détruiſent, ce point eſt le centre de gravité; ſi quelques-uns de ces momens ſont ſupérieurs aux autres, le centre de gravité ſera vers le côté où ſont les plus forts momens, & d'une quantité telle que le produit du poids par la diſtance à ce nouveau point, ſoit égal aux momens par rapport au point ſuppoſé.

Ainſi la regle générale, pour trouver le centre de gravité d'un corps, eſt qu'il faut prendre un point quelconque, chercher les momens par rapport à ce point, en prendre la ſomme où la différence, ſelon que les poids ſont ſitués du même, ou de différent côté par rapport au point d'appui, & diviſer cette ſomme des momens, ou leur différence, par la ſomme des poids; le quotient eſt la diſtance du centre de gravité au point d'appui. Par la même raiſon, on trouvera le mouvement du centre de gravité lorſqu'on tranſpoſe des poids, en diviſant le moment de ces poids tranſpoſés par la ſomme de tous les poids compoſant le corps.

On s'eſt étendu ſur cette recherche parce qu'elle eſt eſſentielle, & qu'elle tient aux principes les plus inconteſtables de méchanique; rien n'eſt plus propre à donner une idée du centre de gravité, que de conſidérer avec attention l'eſpece de balance nommée *Romaine*.

14. On trouve, en ſuivant les mêmes principes, le centre de gravité des ſurfaces & des ſolides. Pour fixer les idées, on ſuppoſe chaque point de la ſurface uniformément chargé, & prenant à volonté un point d'appui, on prend la ſomme des momens des poids ou de la ſurface qui y eſt proportionnelle, par rapport à ce point, & on diviſe la ſomme des momens par celle des poids, le quotient eſt la diſtance du centre de gravité

au point fixe. Comme les figures, ſoit régulieres, ſoit irrégulieres, peuvent ſe réduire à des triangles, il eſt eſſentiel de montrer que leur centre de gravité de ces dernieres figures, eſt au tiers de leur hauteur : ſoit le triangle ABD : (*Figure 5.*) ſi d'un angle A on tire AI, coupant le triangle en deux parties égales, le centre de gravité ſe trouvera ſur cette ligne à cauſe de l'égalité abſolue des deux parties ABI, ADI : il en eſt de même par rapport aux lignes DM, BN, qui coupent auſſi en deux le même triangle ; à cauſe de l'égalité des parties DN, AN, les triangles ACN. NCO ſont égaux, & dès-lors les triangles ABN, NBD ſont égaux, & qu'on en ôte des parties égales. Par la même raiſon, les triangles ACD, ACB ſont égaux : donc ACD, ACB. BCD ſont égaux, & ſont le tiers du triangle total ; il faut donc que la hauteur C, au deſſus de chacune des baſes, ſoit au deſſus de la hauteur du triangle total.

15. Maintenant ſoit (*Fig. 6.*) la ſurface ABCDEEDCBA dont on cherche le centre de gravité ; on tirera les lignes BA, CB. DC. ED. qui partagent le corps en divers trapezes irréguguliers & triangles. Le triangle AAB a ſon centre de gravité au tiers de ſa hauteur ; le trapeze irrégulier BABC a ſon centre de gravité ſur la ligne BB : les triangles BAB. BCB ayant la baſe BB commune, & une hauteur égale qui eſt celle des ordonnées ; de même le trapeze CBCD a ſon centre de gravité en CC ; le trapeſe CDED a le ſien ſur la ligne DD, & le triangle DEE a ſon centre de gravité aux $\frac{2}{3}$ de la diſtance des ordonnées DL, EE. Cette démonſtration eſt la même quelque ſoit la largeur des lignes AA & EE qui peuvent devenir nulles.

L'on prend le point d'appui ou terme en AA, la ſomme des momens, ſuppoſant toutes les diſtances égales, eſt donc AA. $\frac{01}{2}.\frac{01}{3}$ + BB. 01. 01. + 2CC. 01. 01. + 3. DD. 01. 01. + EE. $\frac{01}{2}$. $3+\frac{2}{3}$ 01. la ſomme des poids ou des triangles eſt AA. $\frac{01}{2}$ + BB. 01. + CC. 01. + DD. 01. + EE. $\frac{01}{2}$; ce qui fournit une regle très-ſimple pour trouver le centre de gravité d'une ſurface plane dont on a meſuré les diverſes largeurs à des diſtances égales, c'eſt de faire une ſomme du tiers de la premiere largeur, de la deuxieme, du double de la troiſieme, du triple de la quatrieme, & ainſi de ſuite juſqu'à la derniere, qu'on multi-

pliera par $\frac{1}{3}$ de moins que ſa dénomination, c'eſt-à-dire, ſi c'eſt la huitiéme par $6\frac{1}{3}$, & on prendra la moitié du multiple des extrêmes; on diviſera cette ſomme par celle de toutes les largeurs intermédiaires & la moitié des extrêmes, le quotient ſera la diſtance du centre de gravité à la premiere largeur dont on prend le point d'appui, exprimée en diſtance de couple, & on la multipliera par la diſtance des largeurs pour l'exprimer en pieds & pouces. Cette méthode eſt un peu différente de celle de M. Bouguer ; elles deviennent les mêmes ſi les ordonnées ou largeurs ſont infiniment proches; mais le nombre étant fini, la méthode de M. Bouguer eſt défectueuſe. Si, par exemple, on vouloit trouver le centre de gravité d'un triangle ſans employer des largeurs intermédiaires, on trouveroit, par la méthode de M. Bouguer, que le centre de gravité eſt au quart, au lieu qu'il eſt au tiers de la hauteur; il eſt vrai que c'eſt un cas extrême, que, généralement parlant, on n'auroit que de légeres différences; mais comme cette plus grande exactitude ne rend pas le calcul plus compliqué, on ne doit pas la négliger.

C'eſt toujours en ſuivant les mêmes principes, qu'on trouve le centre de gravité d'un corps; on le partage en pluſieurs tranches; on a par la regle précédente le moment de chacune de ces tranches; on en fait une ſomme, n'employant dans l'addition que la moitié des momens de la premiere & de la derniere, qu'on diviſe pareillement par la ſomme des poids, où l'on n'emploie que la moitié des ſurfaces de la premiere & de la derniere ligne d'eau; le quotient eſt la diſtance du centre de gravité commun au point qu'on a pris pour terme.

15. La hauteur du centre de gravité eſt la plus utile à connoître; pour la trouver ce ſont toujours les mêmes principes, c'eſt-à-dire, qu'après avoir partagé la carene par pluſieurs tranches à égale diſtance, on multipliera l'étendue de la premiere par $\frac{1}{3}$, celle de la deuxieme par 1, de la troiſieme par 2, & ainſi de ſuite juſqu'à la derniere, qui ſera multipliée par $1\frac{1}{3}$ de moins que ſa dénomination; *c. à d.* par $4\frac{1}{3}$, ſi c'eſt la ſixieme, on prendra la moitié du multiple des momens des extrêmes, & les autres en entier; enfin on diviſera cette ſomme par celle des ſurfaces, dans leſquelles on ne fera entrer que la moitié de la

la moitié de la premiere & de la derniere ligne d'eau, en comptant la ſurface de la quille pour la premiere ligne d'eau.

On ſuppoſera que dans la (*Figure 7.*) les lignes horizontales AB. CD. EF, &c. ſont proportionnelles aux ſurfaces des lignes d'eau, & on cherchera le centre de gravité de cette figure; ce qui réduit la démonſtration à N° 15. On trouvera à la fin de ce Traité le calcul d'un Vaiſſeau.

On ne doit pas oublier ce qui a été dit (N° 2.) que puiſqu'un corps reſte immobile dans l'eau quand ſa peſanteur & celle du volume d'eau qu'il déplace ſont égales, il faut, pour que la peſanteur ceſſe d'avoir ſon effet, que la direction de la force qui le ſoutient ſoit égale à la peſanteur, & lui ſoit oppoſée; cette vérité peut être énoncée différemment : on peut dire qu'un condition eſſentielle pour qu'un corps plongé reſte dans une ſituation conſtante, eſt que les centres de gravité de la charge & de la carene, que nous nommerons auſſi *centre de figure*, ſoient dans la même verticale; ſi ces deux centres n'étoient pas dans la même verticale, ce ſeroit la même choſe que ſi on avoit une verge inflexible (*Fig. 4. N° 11.*) qui ſeroit pouſſée en haut par une force verticale agiſſante ſur un point qui ne ſeroit pas celui des poids, alors la verge s'inclineroit vers B ou D du côté où les poids ſeroient ſitués par rapport à la force verticale.

CHAPITRE IV.

De la Stabilité.

I.

17. UNE idée préciſe du centre de gravité étoit eſſentielle pour entreprendre la recherche de ce qui doit donner aux Vaiſſeaux l'avantage de bien porter la voile, lequel, d'un nom plus général, ſe nomme *ſtabilité*. Pour ſimplifier cette recherche, on commencera par examiner ce qui a lieu pour chaque coupe verticale en particulier; ce qui ſera vrai dans ce cas, le ſera pour toutes les coupes dont l'aſſemblage forme le Vaiſſeau.

Soit donc la coupe ABCD (*Figure 8.*) dont nous ſuppoſons la charge homogene & d'un poids égal à l'eau, ſi l'on veut qu'elle s'incline par la tranſpoſition des poids, enſorte que ſa nouvelle ſituation ſoit abCD, il eſt évident que les triangles AEa, BEb doivent être égaux; car, puiſqu'il n'y a qu'une ſimple tranſpoſition de poids, le déplacement total ne peut changer : il ne faut donc que tranſporter en AEa les poids qui étoient en BEb; ou comme les poids ſont cenſés réunis dans leur centre de gravité, on tranſportera de 1, centre de gravité de BEb, en o, centre de gravité de AEa, un poids égal au déplacement de cette partie triangulaire. Ainſi l'effort, pour produire une inclinaiſon, eſt égal à ce même déplacement multiplié par la diſtance 1o des centres de gravité.

Dans la ſuppoſition que nous avons faite ci-deſſus d'un chargement homogene & d'un poids égal à l'eau, il eſt évident que les centres de la carene en total & de toutes les parties, ſont perpétuellement confondus avec ceux des poids, & qu'ainſi les mêmes momens changés, donnent le même mouvement à ces divers centres.

Il s'enſuit que, pour trouver la ſtabilité ou la quantité d'efforts qui produit une inclinaiſon donnée, il faut chercher le point E ſitué de telle ſorte, que les parties qui entrent dans l'eau & en

ſortent, ſoient égales de part & d'autre, & chercher enſuite la diſtance de leur centre de figure; ce ſera le bras de levier par lequel il faut multiplier l'aire d'une de ces parties.

La ſtabilité pour une inclinaiſon étant rapportée au moment ci-deſſus, on a (N° 13.) le mouvement Gg. du centre de gravité total, occaſionné par cette différence de momens, & la ſtabilité étant diviſée par le déplacement total, on a une autre expreſſions abſolument la même; le moment des poids tranſpoſés repréſenté par le moment des parties triangulaires, & le produit de la peſanteur du Vaiſſeau par le mouvement Gg de ſon centre de gravité, le Vaiſſeau réagit par un effort égal à ſa peſanteur, multipliée par le mouvement de ſon centre de gravité; on déſignera ſouvent, dans la ſuite, la peſanteur du Vaiſſeau par la lettre initiale P.

18. La premiere verticale qui paſſe par le centre de gravité G, & la deuxieme qui, dans le cas de la tranſpoſition des poids, paſſe par le nouveau centre g, ſe coupent en un point *m* & l'angle G*m*g des deux verticales, eſt évidemment égal à l'angle d'inclinaiſon. Si l'on fait cette analogie, la corde de l'angle d'inclinaiſon eſt à l'effort qui a produit l'inclinaiſon, comme le ſinus total eſt à un quatrieme terme, qui ſera la ligne G*m*, on aura la diſtance du centre de gravité au point d'interſection des deux verticales. On ne trouve pas à la vérité dans les tables les cordes, mais on y ſupplée en prenant les ſinus de la moitié des arcs; ainſi, au lieu du premier terme de l'analogie que la figure nous indique, on emploiera le ſinus de la moitié de l'angle de l'inclinaiſon multiplié par 2; & ſi l'on ſe ſert de logarithmes, on ajoutera 03010300 logarithme de 2 à celui du ſinus de la moitié de l'angle d'inclinaiſon. Par le moyen de cette analogie on a une expreſſion de la ſtabilité rapportée au rayon qui eſt P. *m* G.

19. On a juſqu'ici ſuppoſé le chargement de la carene homogene, & d'un poids égal à celui de l'eau, & par conſéquent les centres de gravité de la charge & de la carene confondus; mais ſi ce cas n'a pas lieu, ſi le centre de gravité eſt en *r* 1 ou *r* 2, l'inclinaiſon du reſte étant la même, la peſanteur du Vaiſſeau, qui réſiſtoit à l'inclinaiſon avec une force g G, réſiſte avec une

force $r\,1\,s\,1$ ou $r\,2\,s\,2$; le bras de levier ou distance à l'intersection des verticales, qui étoit mG, est $mr\,1$ ou $mr\,2$: il faut donc à cause de l'égalité de l'action de la réaction, puisque le Vaisseau réagit avec une plus grande ou moindre force, augmenter ou diminuer l'expression de la stabilité trouvée ci-dessus dans le rapport de $mr\,1$ ou $mr\,2$ à mG, selon que le centre de la charge est plus ou moins élevé que G, & ainsi la stabilité dont l'expression (N° 17.) étoit $P\,mG$, la charge étant homogene, est en général $P\,(mG\,{}^{+Gr\,1}_{-Gr\,2})$ lorsqu'elle ne l'est pas.

On a considéré jusqu'ici les inclinaisons finies, parce qu'un Constructeur ne peut se former une juste idée de ce qui peut avoir lieu lorsqu'un Vaisseau est incliné, qu'en les calculant; à la vérité si ces inclinaisons sont considérables, elles obligent à un calcul assez pénible à cause de la recherche du point E, qui doit être tel que les parties de la carene qui entrent dans l'eau, soient égales à celles qui en sortent, & de la recherche des centres de gravité de ces parties, qui sont toujours très-irrégulieres; mais il est très-utile d'avoir fait quelques-uns de ces calculs, sans cela on ne peut se faire aucune idée de ce qui arrive dans les grandes inclinaisons. On élude les difficultés en considérant des inclinaisons infiniment petites : alors les parties qui entrent dans l'eau & en sortent peuvent être regardées comme égales, ne différant que d'un infiniment petit du second ordre; le point E est au milieu de la largeur, les centres de gravité 1 & o sont distans du point E des $\frac{2}{3}$ de la $\frac{1}{2}$ largeur (N° 14.) ainsi la distance $1o = \frac{4}{3}$ BE. l'aire du triangle est BE. multiplié par la moitié du sinus de l'inclinaison; ainsi le moment pour une inclinaison donnée est $\frac{4}{3}$ BE. $\frac{1}{2}$ BE^2 multiplié par ce sinus; & pour réduire cet effort à la stabilité absolue (N° 17.) on fait l'analogie ci-dessus & on a $\frac{2}{3}$ BE^3 qui égale P. m G qui représente aussi la stabilité absolue. Ainsi $\frac{2}{3}$ BE^3 = P. m G & $m\,G = \frac{2}{3}\frac{BE^3}{P}$. Dans le cas de la charge homogene, c'est la hauteur de l'intersection des verticales au dessus du centre de gravité de la carene.

20. On a vu (N° 19.) que la stabilité d'un Vaisseau, lorsque les centres de la charge & de figure ne sont pas confondus, est P. $(mG\,{}^{+Gr\,1}_{-Gr\,2})$ Il y a donc un cas où la stabilité peut être

nulle; c'eſt quand $r2$ & m ſont réunis, ou quand le centre de gravité de la charge eſt dans l'interſection des deux verticales; car alors $r2$ étant le même que m, l'expreſſion eſt P. (mG—Gm) ou = o.

Si le centre de la charge eſt à cette hauteur au deſſus du centre de la carene, qui eſt exprimée par $\frac{1}{3}\frac{BE^3}{V}$, la ſtabilité eſt nulle; ce qui l'a fait nommer par M. Bouguer metacentre, c'eſt-à-dire, la limite de la plus grande hauteur où puiſſe être porté le centre de la charge. Ce point eſt l'interſection des deux verticales Gm, gm; effectivement quel que ſoit l'inclinaiſon, comme le rayon ou bras de levier avec lequel la ſtabilité agit, eſt nul, le ſinus $r2\ s2$ où la diſtance à la verticale qui meſure la réaction du Vaiſſeau, eſt pareillement nul.

Cette hauteur m du centre de la charge ſeroit même trop conſidérable, car le Vaiſſeau n'ayant aucune force pour ſe rétablir, quand la cauſe qui produit une inclinaiſon vient à ceſſer, reſteroit dans la ſituation où il étoit quand la cauſe a ceſſé; à la vérité, quand le centre de la charge eſt encore plus élevé, le Vaiſſeau continue à s'incliner, même après la ceſſation de l'effort qui auroit produit la moindre inclinaiſon; mais ces ſituations de la charge rendroient le danger égal; car un Vaiſſeau doit avoir une ſtabilité poſitive.

Nota. Ce qui a été dit d'une coupe verticale, convient à toutes les autres dont le Vaiſſeau eſt l'aſſemblage; ainſi, en calculant la ſtabilité de toutes les coupes, multipliant cette ſomme par leur diſtance, on a la ſtabilité totale du Vaiſſeau, qui ſera d'autant plus exacte, qu'on aura pris un plus grand nombre de parties. Ici, comme dans les autres calculs, il faut ſe ſervir des méthodes d'approximation réſultante de la diviſion du Vaiſſeau en un grand nombre de parties. On fera un ſomme des cubes de toutes les largeurs des couples à la flottaiſon, ne faiſant entrer dans l'addition que la moitié du premier & du dernier terme, & on multipliera cette ſomme par la diſtance des couples. On trouvera à la fin de ce Traité un modele de ce calcul.

21. Nous ferons ici le réſumé des principes de la ſtabilité. Dans l'état homogene, c'eſt-à-dire, quand les centres de la

charge & de figure ſont confondus, la ſtabilité eſt égale aux $\frac{2}{3}$ de la ſomme des cubes de la flottaiſon. Si le centre de la charge eſt plus élevé que celui de figure, (comme il arrive toujours) la ſtabilité trouvée ci-deſſus pour l'état homogene, doit être diminuée d'une quantité égale au produit de la peſanteur par la diſtance de ces centres. Si le centre de la charge eſt moins élevé que le centre de figure, alors la ſtabilité trouvée pour l'état homogene, doit être augmentée de la même quantité.

Si l'on augmente la longueur du Vaiſſeau en éloignant également toutes les coupes, la ſtabilité augmente comme la longueur.

Si on ne touche qu'aux largeurs & ſi on les augmente toutes proportionnellement, la ſtabilité augmente comme le cube des largeurs, ou, ce qui eſt la même choſe, comme le cube de la principale largeur.

Si l'on ne touche qu'à la partie inférieure de la carene, la ſtabilité pour l'état homogene reſte la même, puiſqu'on ſon expreſſion dépend de la flottaiſon ſeule; & enfin, dans les Vaiſſeaux ſemblables, la ſtabilité eſt comme les quatriemes puiſſances d'une dimenſion. Lorſque l'on conſidere des inclinaiſons finies, la ſtabilité pour l'état homogene eſt égale à l'aire d'une des parties qui entrent dans l'eau ou en ſortent, multipliée par la diſtance de leur centre de gravité; enſorte que, ſi toutes les coupes ſont circulaires, la ſtabilité eſt proportionnelle à l'angle d'inclinaiſon; car à chaque inſtant, pour augmenter l'inclinaiſon d'un angle égal, il faut la même force. *Nota.* J'entens par ſtabilité un effort égal à celui qui a procuré l'inclinaiſon.

Si les coupes ſont des parallélogrammes, la ſtabilité augmente toujours, c'eſt-à-dire, que plus le Vaiſſeau s'incline, plus l'augmentation d'effort, pour produire l'inclinaiſon du même angle, doit être conſidérable.

L'irrégularité néceſſaire des coupes des Vaiſſeaux nous diſpenſe de ſuivre M. Bouguer dans l'examen des diverſes développées de la courbe, qui ſeroit le lieu des diverſes élévations du metacentre, & qui repréſenteroit pareillement ces augmentations de ſtabilité.

Le metacentre eſt un point toujours relatif au centre de figure, & c'eſt par rapport à ce point qu'on en détermine la hauteur (N° 19.) on la trouve en diviſant la ſtabilité par la peſanteur : car la ſtabilité abſolue eſt égale à la force avec laquelle la peſanteur réagit, ou au produit de cette même peſanteur par la diſtance du centre de figure au metacentre.

22. On a vu (N° 19.) que la ſtabilité trouvée pour un Vaiſſeau dont la charge eſt homogene, augmente ou diminue d'une quantité égale au poids du Vaiſſeau, multiplié par la diſtance des centres de la charge & de la carene, lorſque ces deux centres ne ſont pas réunis : elle augmente ſi le centre de la charge eſt moins élevé, & elle diminue s'il eſt plus élevé que celui de la carene : de-là il ſuit que les parties ajoutées augmentent ou diminuent pareillement la ſtabilité, ſelon que leur centre de figure eſt plus ou moins élevé que celui de la nouvelle charge, dont le poids égale leur déplacement.

Ainſi dans la carene ABDC (*Figure 9.*) la ſtabilité, quand les centres de la charge & de la carene ſont réunies en G, eſt $\frac{2}{3}$ AM', ſi le centre de la charge eſt en H, la ſtabilité eſt $\frac{2}{3}$ AM' +ABC carene que nous nommerons P. (NG—NH); ajoutons maintenant les parties BDd, ACc, enſorte que la carene entiere ſoit ABdc, & ſuppoſons leur chargement *p* homogene, il n'y aura aucune différence entre les momens de la charge & de la carene de ces parties, & la différence pour ABDC reſtera la même : la ſtabilité reſte donc toujours $\frac{2}{3}$ (AM') +P. (NG—NH.) Suppoſons maintenant le centre de figure des parties ajoutées en O & celui de leur charge en 1, la différence des momens de la charge totale & de la carene ſera augmentée de P. (NO—NI) qui ſera le nouveau changement apportée à la ſtabilité. M. de Borda m'a communiqué la ſolution ſuivante, dont on ne doit pas perdre de vue les conſéquences dans la Pratique de la Conſtruction.

23. « Si dans la figure 10, ABCDEFG eſt une coupe d'un » Vaiſſeau, LDEF la place du leſt, ABKDHGF une nou» velle coupe dont la ſurface ſoit égale, ſoient *o* & *p* les cen» tres des parties ajoutées & retranchées ; je ſuppoſe encore » que la partie GEDH ſoit remplie du leſt qu'on ôte de LD ld, » dont le centre de gravité eſt en *i*.

» Le poids du leſt tranſpoſé eſt égal au déplacement de la » partie GEDH, multipliée par le rapport de la peſanteur du » leſt à celle de l'eau, qu'on ſuppoſe tel que l'on veut, mais » qui ſera déſigné ici par *n*. Le moment du leſt changera par ſa » tranſpoſition d'une quantité *n*. GEDH. *oi*. Le poids du char- » gement tranſpoſé ſera pareillement GEDH, qui eſt égal à » DCBK, multiplié par ſa gravité ſpécifique qu'on nommera » en général *m*, & le moment occaſionnée par ſa tranſpoſition » ſera *m*. GEDH. *pi*, différence de hauteur du chargement » dans les deux poſitions.

» Le changement des momens de la carene eſt GEDH. *oi* » ou GEDH. (*pi* + *oi*); ſi le changement de momens de la » charge eſt plus conſidérable que celui de la carene, le centre » de la charge ſera plus abaiſſé que celui de la carene, & la » ſtabilité ſera augmentée; ſi ce changement de moment eſt » égal pour la charge & pour la carene, la ſtabilité ſera la même; » ſi au contraire les momens de la carene éprouvent le plus » grand changement, la ſtabilité ſera diminuée. Ainſi il faut » voir ſi GEDH (*n. oi* + *m. pi*) eſt plus grand égal ou moindre » que GEDH (*oi* + *pi*) ou ſi (*n* — 1) *oi* + (*m* — 1) *pi* eſt » poſitif, égal à 0, ou négatif. Cela dépend des valeurs de » *n* & *m* & des diſtances *oi* & *pi*. Soit le leſt d'une peſanteur » double de l'eau de mer, que la gravité du reſte du charge- » ment ſoit les $\frac{2}{3}$ du poids de l'eau de mer, ou $m = \frac{2}{3}$, la quan- » tité précédente devient $oi - \frac{1}{3} pi$, & elle ſera égale à 0, ſi » $oi = \frac{1}{3}$ de *pi*. Si *oi* eſt plus approchant de l'égalité avec *pi*, » la ſtabilité augmentera : ſi au contraire *oi* eſt moindre que » $\frac{1}{3} oi$, la ſtabilité diminue. »

Comme en général le centre du leſt ne peut s'abaiſſer que d'un pied pour la partie tranſpoſée, ce n'eſt que dans la partie inférieure qu'on peut abaiſſer le centre de figure; & l'on doit remarquer que dans tous les cas où *n* ſeroit moindre que l'unité, ainſi que *m*, & qu'alors il eſt évident que (*n* — 1) *oi* + (*m* — 1) *pi* eſt négatif; alors on perd de la ſtabilité en abaiſſant le centre de figure : c'eſt donc une regle générale de conſtruction de tenir le centre de figure élevé dans toutes les parties où il n'y a point de leſt.

Cette

Cette ſolution a paru d'autant plus utile, qu'elle contribuera à décider s'il eſt avantageux d'élever ou d'abaiſſer le centre de figure.

M. Bouguer (page 310 du Traité du Navire) dit : on peut augmenter la profondeur à l'infini & toujours avec avantage pour la ſtabilité ; il propoſe ailleurs la figure de trapezes; enfin, à moins que M. Bouguer ne veuille parler de Navires qui auroient beaucoup de leſt, on ne peut interpréter ces mots que dans le ſens où ils ont été juſqu'ici, c'eſt-à-dire, que le centre de figure doit en général être abaiſſé.

M. Euler s'explique très-clairement : Il dit qu'il faut que ce centre ſoit élevé le plus qu'il eſt poſſible. Heureuſement cette diverſité d'opinions ne doit pas jetter le moindre doute ſur la certitude de la théorie ; les principes ſont les mêmes dans les Ouvrages de ces deux Savans & dans ce Traité ; la cauſe de cette différence dans les conſéquences vient de ce qu'il ſemble que M. Bouguer a eu une idée peu exacte de la denſité du chargement des Vaiſſeaux.

24. On en donnera une idée générale : elle eſt d'autant plus eſſentielle, que c'eſt de la qualité du chargement, ou, comme on a vu ci-deſſus, du rapport de n à m, que dépend la vérité de l'une ou de l'autre regle de conſtruction.

Les Vaiſſeaux de guerre ont le poids de leur coque égal à peu près à la moitié de leur déplacement, & preſque toute la coque peut être regardée comme ſituée invariablement par rapport à la flottaiſon. Les ponts, gaillards, œuvres mortes, la plus grande partie des œuvres vives, enfin preſque toute la coque, la partie des varangues exceptée, eſt à une poſition invariable, ainſi que la plus grande partie de l'artillerie, équipages, mâture, ancres, manœuvres, chaloupe & canot, & cela fait environ les $\frac{2}{3}$ du déplacement du Vaiſſeau.

Le leſt y compris les boulets, quand on a ſix mois de vivres & 80 jours d'eau, eſt environ la douzieme partie du déplacement, à quelques variations près ; car une grande partie des boulets eſt en haut.

La charge qui eſt dans la calle n'a guere que la moitié de la denſité de l'eau, au plus les $\frac{2}{3}$; car, par cette expreſſion de

denſité, on entend le rapport des différens poids à l'eſpace total; & s'il y a dans la calle quelques parties du chargement qui ont près des $\frac{3}{4}$ de la denſité de l'eau, il y en a qui n'en ont que le quart, quelques endroits même ſont vuides.

On examinera, d'après ces données, le changement que l'élévation ou l'abaiſſement des centres de figure apporte à la ſtabilité. On ſuppoſera (*Figure 11.*) deux Vaiſſeaux de même déplacement, formés l'un de parallélogrammes, l'autre de coupes triangulaires; il ne s'agit pas ici de prendre des figures uſitées dans la conſtruction, mais de rendre ſenſibles, & par des calculs aiſés, les effets que nous recherchons. On n'enviſagera qu'une coupe; la largeur ſera 40 pieds, le creux de 20 pour le Vaiſſeau en parallélogramme, & de 40 pour le Vaiſſeau en triangle, le déplacement eſt 800, la ſtabilité homogene, qui eſt les $\frac{1}{3}$ du cube de la demi-largeur (N° 20.) eſt $05333\frac{1}{3}$.

Les $\frac{2}{3}$ du déplacement ou $533\frac{1}{3}$, repréſente la partie invariable du poids & chargement du Vaiſſeau; le leſt, qui en eſt $\frac{1}{12}$, fait $66\frac{2}{3}$, & le reſte du chargement variable eſt 200 parties, c'eſt-à-dire, un quart du chargement total. Sa denſité étant la moitié de celle de l'eau, il occupera dans la calle la moitié de la hauteur du tirant d'eau.

On ſait que le centre de figure d'un parallélogramme, eſt à la moitié de la hauteur, & celui du triangle au tiers à compter de la baſe; ainſi il eſt éloigné de la flottaiſon de 10 pieds dans le parallélogramme, & de $13\frac{1}{3}$ dans le triangle, & pareillement le metacentre du parallélogramme eſt plus élevé de 3 pieds $\frac{1}{3}$ que celui du triangle; enſorte que le moment de la partie invariable, par rapport à ces centres, eſt moins avantageux de ſa quantité $333\frac{1}{3} \times 3\frac{1}{3}$, ou de 1778 parties.

La partie de la charge variable occupant la moitié de la calle, ſon centre ſera dans le parallélogramme à 5 pieds, & dans le triangle à 7 pieds $\frac{1}{2}$ au deſſous du centre de figure: la différence eſt 2 pieds $\frac{1}{2}$; ainſi cette partie de la charge augmente la ſtabilité dans le triangle, plus que dans le parallélogramme de 500.

Il ne reſte plus qu'à voir l'effet du leſt. Dans le parallélogramme, il eſt à 10 pieds du centre de figure, dans le triangle il eſt à $26\frac{2}{3}$ pieds; la différence eſt $16\frac{2}{3}$ qu'il faut multiplier

par $66\frac{2}{3}$ égal au leſt; on a 1111 dont le moment du leſt eſt plus grand dans le triangle relativement au centre de figure, que dans le parallélogramme; ainſi on diſpoſera ces diverſes parties en cet ordre.

Moment de la partie invariable par rapport au centre de figure	— 1778
Moment de la partie variable du chargement . .	+ 500
Moment du leſt	+ 1111
La ſtabilité eſt diminuée, ou eſt	— 667

Si la ſtabilité du Vaiſſeau étoit, comme il arrive fréquemment, le tiers de ce qu'elle eſt, la charge ſuppoſée homogene, elle ſeroit $\frac{1111}{3}$ ou 1777; alors elle ſe réduiroit à 1610, & ſeroit diminuée d'un dixieme.

La diminution ſera plus conſidérable, conſidérant les épaiſſeurs du bois (Voyez *Fig.* 12.), & faiſant la denſité du leſt double ſeulement de celle de l'eau. Nous ſuppoſerons l'épaiſſeur de 18 pouces. D'après ces ſuppoſitions, le centre du leſt dans le rectangle ſera environ à 8 pieds de celui de figure; dans le triangle l'épaiſſeur du bois donnera 3 pieds de hauteur en bas, & le leſt occupera une hauteur de 8 pieds 2 pouces; enſorte que ſon centre ſera à 18 pieds 3 du centre de figure, ou 10 pieds 3 plus bas que dans le parallélogramme; ce qui fait une augmentation de ſtabilité de 680 parties.

La charge s'élevera dans le triangle juſqu'à la hauteur de 29 pieds 6 pouces à peu près au deſſus du fonds du Navire, & ſon centre ſera à 20. 10, ou, à cauſe de l'épaiſſeur du bois, à 23 pieds 10 pouces de hauteur; ce qui fait 2 pieds 10 pouces au deſſous du centre de figure dans le parallélogramme. La charge s'éleve juſqu'à 11 pieds 7 pouces au deſſus du Navire, & ſon centre eſt 2 pieds 4 pouces au deſſous du centre de la charge; ainſi dans le triangle la charge eſt d'un demi-pied plus bas que dans le parallélogramme, & la ſtabilité eſt plus grande pour cet article dans le triangle de 200 $\times \frac{1}{2}$ ou de 100; ainſi la ſtabilité dans le triangle eſt — 1778 + 100 + 680, ou eſt diminuée de 998, & par conſéquent ſeroit diminuée de plus de moitié.

Pour conſidérer encore cette même queſtion d'une façon

plus générale, ſuppoſons que dans la même figure 13, les points G & g marquent les centres des carenes, dont le déplacement & la flottaiſon ſont égales, que la partie variable de la charge ſoit une partie quelconque du chargement total $=\frac{1}{n}P$, la partie invariable eſt $\frac{(n-1)}{n}P$: par l'abaiſſement du centre de carene de de G en g, cette partie de la charge, dont le centre eſt à la même hauteur relativement à la flottaiſon, a un plus grand degré de bricolle, la quantité eſt $\frac{(n-1)}{n}P.Gg$. Si la partie variable de la charge avoit pareillement la même hauteur abſolue, elle rappelleroit avec moins de force, & ſon bras de levier ſeroit moindre de la même quantité. Cherchons maintenant de combien doit être l'abaiſſement de la partie variable de la charge, pour augmenter la ſtabilité d'une quantité égale à celle dont elle a été diminuée, & nommons cet abaiſſement en général D; il s'enſuit que $\frac{P.D}{n}=P.Gg$, ou $D=n.Gg$; enſorte que ſi la partie variable eſt $\frac{1}{3}$ du chargement total, & ſi Gg eſt 3 pieds $\frac{1}{3}$ comme dans la ſuppoſition de la figure 11, le centre du chargement variable doit être de 10 pieds plus bas dans le triangle que dans le parallélogramme; & pour qu'un tel abaiſſement pût avoir lieu, il faudroit que la denſité du chargement fût double de celle de l'eau de mer à peu près.

La ſuppoſition de la denſité du leſt égale deux fois celle de l'eau de mer, eſt la plus forte qu'on puiſſe faire, car les pierres dont on ſe ſert pour leſt ne peſent que 125 à 130 livres, à cauſe de leurs irrégularités, & s'il entre des parties de fer, il ſe trouve à la hauteur du leſt des endroits abſolument vuides, d'autres qui, comme les porques, ont moins de denſité que l'eau. Les conſéquences que l'on peut tirer de ces théorêmes ſont de la plus grande importance. On voit que *le leſt ſeul diminue le déſavantage que l'abaiſſement du centre de figure occaſionne, & qu'ainſi s'il eſt permis de donner de la profondeur aux coupes qui portent le leſt, comme tout ce qui ſe porte vers les extrêmités n'a qu'une peſanteur ſpécifique très-foible, leur centre de figure doit être très-élevé; ce qui prouve l'utilité des façons, & donne*

l'excluſion à une figure propoſée & exécutée ſous le nom de l'expérience, ainſi qu'aux figures qui, ayant le tirant d'eau ordinaire, auroient leur coupe principale formée en trapeze, & les côtés des autres coupes paralleles à ceux de la coupe principale : c'eſt donc une confimation des figures reçues.

Lorſque nous parlons de l'élévation du centre de figure, c'eſt toujours la hauteur abſolue ou relative à la flottaiſon qu'il faut entendre, & non pas la hauteur relative à la quille ; en effet, quand les coupes ne varient que par un acculement conſidérable, les réſultats ſeroient très-différens par rapport à la quille ; cependant la ſtabilité du Navire ne ſeroit guere changée : auſſi la poſition du centre de figure par rapport à la flottaiſon, reſteroit à peu près la même.

25. Les mêmes principes ſerviront à réſoudre une queſtion très-utile : elle a lieu principalement pour les Vaiſſeaux à trois ponts. Auront-ils plus de ſtabilité ſi on les fait pour porter quatre ou cinq mois de vivres, que ſi on les fait pour en porter ſix à ſept mois ?

On ſuppoſera que le Navire qui a ſix à ſept mois de vivres, déplace 5000 tonneaux, & que par un retranchement de vivres il n'ait beſoin que de 4750 tonneaux de déplacement, qui ſera diminuée de $\frac{1}{10}$; que le tirant d'eau de 20 pieds diminue proportionnellement, la hauteur du metacentre au deſſus du centre de la charge ſera ſuppoſée de 3 pieds pour le Navire chargé, & au deſſus du centre de la carene 10 pieds ; le metacentre de Vaiſſeau, fait pour moins de vivres, s'élevera de 6 pouces au deſſus du centre de carene qui s'élevera auſſi de 6 pouces. On ſuppoſe encore (*Figure 11.*) le Navire en paralélépipede ABCD en étant une coupe, le metacentre s'élevant réellement d'un pied, le moment de la partie invariable du Vaiſſeau, ſuppoſée encore les $\frac{2}{3}$ du déplacement, ſera 3333 à un pied, la ſtabilité pour le Navire chargé étoit 5000. 3 ou 15000 ; enfin nous ſuppoſerons toujours, que la denſité de la partie variable du chargement eſt la moitié de celle de l'eau.

Elle occupera les $\frac{2}{3}$ de la calle du Vaiſſeau qui a beaucoup de vivres, ou 13 pieds $\frac{1}{3}$, & ſon centre ſera à 13 $\frac{1}{3}$ au deſſous de la flottaiſon ; quand enſuite le déplacement total ſe trouve

diminué de $\frac{1}{10}$, le tirant d'eau ſe réduit à 19 pieds, la charge qui occupoit $13\frac{1}{3}$ de hauteur, n'en occupera que $11\frac{1}{3}$: car ſi 250 tonneaux répondent à 1 pied de tirant d'eau, ils répondront à 2 pieds d'un chargement dont la denſité eſt la moitié de celle de l'eau; ainſi le centre du chargement variable reſtera à peu près à la même diſtance de la flottaiſon, & l'élevation du metacentre augmentera le bras de levier de cette partie. Il en réſulte que, dans le Navire qui n'a que 4750 tonneaux de déplacement, la ſtabilité ſera 4750 . 4 ou 19000; & cette quantité excede celle du Navire qui a 5000 tonneaux de déplacement des $\frac{4}{15}$.

La différence qui ſe trouve entre la forme des Vaiſſeaux & celle de parallélipipede, que la facilité du calcul a fait ſuppoſer, n'altere pas ſenſiblement le réſultat trouvé ci-deſſus : car la partie de la charge qui eſt dans la calle a toujours ſon centre à la même diſtance de la flottaiſon, loſqu'on fait un pareil changement dans le projet d'un Vaiſſeau, & qu'on rend le tirant d'eau proportionnel par un rapprochement d'ordonnées.

On doit donc obſerver de ne faire les Vaiſſeaux à trois ponts que pour cinq mois de vivres; on doit par la même raiſon éviter de leur donner des équipages nombreux au delà de toute proportion, & il ne ſera pas utile de leur donner un leſt conſidérable. Comme alors on ne ſera pas obligé de donner un déplacement ſi conſidérable, car la diminution de quelques poids ſe trouve toujours liée avec celle de la plupart des autres, on pourra les faire avec des dimenſions moins outrées.

La conſtruction des Prames, genre de Navire qui portoit une forte artillerie, peu de vivres & d'eau, enfin peu de capacité, eſt une preuve pratique de la vérité de ces principes.

26. M. Bouguer a propoſé (page 310 du Traité du Navire) de déterminer la moindre profondeur qu'on peut donner à la carene des Vaiſſeaux chargés par en haut, pour que leur centre de gravité ſoit au deſſous du metacentre. Malgré la généralité de ſa méthode, il conſidere principalement le cas où le leſt (& ſous ce nom de leſt il comprend tout ce qui eſt dans la calle) eſt d'une peſanteur ſpécifique égale à celle de l'eau de mer; c'eſt pour cette ſuppoſition qu'il donne une regle générale de

conſtruction. Sa ſolution ſe rapporte d'ailleurs aux Navires conſtruits en parallélipipedes rectangles. Une de ces ſuppoſitions étant défectueuſe, & l'autre ne pouvant avoir lieu dans la conſtruction, il eſt préférable de ſuivre les méthodes de calcul qui ont été données N° 23.

Le moyen le plus efficace de corriger un plan défectueuex ; n'eſt pas (comme on a vu ci-deſſus) une augmentation de creux, mais une augmentation de largeur; c'eſt ce que la pratique avoit reconnu par la méthode de *ſouffler*, c'eſt-à-dire, augmenter les largeurs de la flottaiſon des Navires qui manquoient de ſtabilité : car la ſtabilité augmente comme les cubes. On donnera ici les moyens de calculer, avec une exactitude ſuffiſante, ces changemens que le ſoufflage apporte à la ſtabilité. On ſait que quand l'augmentation d'une quantité eſt peu de choſe, celle du cube eſt comme le triple de l'augmentation eſt à la quantité primitive, à peu de choſe près; ce qui ſe déduit de ce que la premiere largeur étant a & ſon augmentation b, le cube de la premiere largeur eſt a^3, & celui de cette même largeur augmentée eſt $a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$, où il ſuffit de conſidérer le deuxieme terme quand b eſt fort petit par rapport à a; mais on a une méthode encore plus exacte lorſque b eſt petit par rapport à a, les cubes de a & $a+b$ ſont à peu près comme $a-b$ eſt à $a+2b$; ainſi ſi la largeur principale de 40 pieds eſt augmentée de 1 pied, le rapport des cubes de 40 pieds & de 41 pieds eſt 39 à 42, ou celui de 13 à 14, à peu près.

Si la hauteur du metacentre, qui ſuit ce rapport, étoit 10 pieds 7 pouces au deſſus du centre de figure lorſque le Vaiſſeau avoit 40 pieds de large, il s'élevera de 9 pouces au deſſus du même point; & cette augmentation, qui n'eſt que $\frac{1}{13}$ quand les centres de la charge & de la carene ſont confondus, eſt dans un plus grand rapport, quand le metacentre eſt à 3 pieds au deſſus du centre de gravité, puiſque c'eſt celui de 3 pieds à 3.9 ou de plus d'un quart.

Rien n'eſt plus propre à montrer l'utilité des ſoufflages, ou d'augmenter les largeurs à la flottaiſon, & quelques virures au deſſus & au deſſous; c'eſt la ſeule choſe qui rétabliſſe efficacement & ſans inconvénient la ſtabilité. Comme il s'agit princi-

palement d'augmenter les cubes de la flottaiſon, c'eſt principalement ſur les largeurs au milieu que doit être porté le ſoufflage : car l'augmentation des largeurs étant la même, l'augmentation des cubes eſt comme le quarré des largeurs principales. Pour donner une idée de la maniere de calculer l'effet du ſoufflage ; je ſuppoſerai que le metacentre élevé de 11 pieds au deſſus du centre de figure, le ſoit ſeulement de deux pieds au deſſus du centre de gravité, que la ſtabilité paroiſſe inſuffiſante & qu'on veuille l'augmenter de moitié, il faut élever le metacentre de 1 pied, ou le porter à 12 pieds au deſſus du centre de figure, au lieu de 11 ; mais comme on a vu que les cubes ſuivent le rapport de $a-b$ à $a+2b$ lorſque les largeurs ſont a & $a+b$, il ſuit que 11 repréſente $a-b$ & 12 repréſente $a+2b$; ainſi le rapport de a à $a+b$ eſt $11\frac{1}{3}$ à $11\frac{2}{3}$ ou 34 & 35 ; ainſi on élargira les flottaiſons dans ce rapport.

II.

27. La ſtabilité peut ſe rapporter à deux axes principaux : celui qui coupe le Vaiſſeau perpendiculairement à la quille, & celui qui le coupe dans le ſens de la largeur. Nous avons principalement conſidéré la premiere eſpece de ſtabilité, qui eſt la latérale, parce que c'eſt la ſeule qui puiſſe être inſuffiſante, & qu'il eſt très-eſſentiel de ne rien donner au hazard pour cette qualité. Mais il eſt auſſi à propos de conſidérer celle qui a lieu par rapport à l'axe de largeur, & qui s'oppoſe à l'enfoncement du Vaiſſeau ſur l'avant, lorſqu'il eſt pouſſé par le vent.

Lorſque dans l'ellipſe ABCD, (*Figure 13.*) on conſidere la ſtabilité latérale, elle eſt repréſentée par les $\frac{2}{3}$ du cube des ordonnées *pm*, *pm*. Suivant les mêmes principes, quand on la conſidere par rapport à l'axe de longueur, elle eſt égale aux $\frac{2}{3}$ du cube des ordonnées *ln*, *ln* ; ainſi la ſtabilité latérale eſt à celle qui a lieu pour s'oppoſer à l'inclinaiſon ſur l'avant, comme le quarré du petit axe eſt au quarré du grand axe. Dans des ellipſes qui auroient entre leurs axes le rapport de $3\frac{1}{4}$ à 1, qui eſt celui que l'on trouve entre la longueur & la largeur de pluſieurs Vaiſſeaux, les ſtabilités, le Vaiſſeau ſuppoſé homogene ;

gene, & la hauteur du metacentre seroient comme 14 est à 1.

Il faut maintenant faire attention que le Vaisseau, dans le sens de la longueur, ne pourroit soutenir une inclinaison du même nombre de degrés que dans celui de la largeur; car le même angle, qui répondroit à 4 pieds sur le côté du Navire, répondroit à 15 pieds sur l'avant, & cet enfoncement de 15 pieds ne pourroit avoir lieu: il ne faut donc considérer qu'une inclinaison du même nombre de pieds; en faisant entrer cette considération essentielle, la stabilité étant proportionnelle à l'angle, sera encore plus grande que la latérale dans le rapport simple des axes, ou comme $3\frac{1}{4}$ est à 1, supposant toujours les centres de la charge & de la carene réunis. Mais cette condition ne se trouve jamais remplie: le centre de la charge est souvent à $\frac{1}{3}$ de la distance du metacentre au centre de figure, à compter du metacentre, & dans ce cas la stabilité, dans le sens de la longueur, est proportionnellement plus grande; car la hauteur du metacentre étant 14 fois plus grande, la même quantité qui est égale aux $\frac{1}{3}$ de la distance du centre de figure au metacentre ordinaire, n'est que $\frac{1}{21}$ de la distance du même centre de figure au metacentre de longueur. Supposant que le Vaisseau homogene fût incliné d'un pied, lorsque le centre de la charge est au tiers de la distance du metacentre ordinaire au centre de figure, son inclinaison latérale sera 3 pieds; mais elle ne sera sur l'avant que de 12 pouces $\frac{4}{15} \cdot \frac{20}{21}$ ou de 3 pouces $\frac{2}{3}$; en général l'inclinaison, dans le sens d'un axe, est en raison inverse de la longueur de cet axe & de la distance du metacentre au centre de figure, & en raison directe de la distance du metacentre au centre de la charge.

28. Cette stabilité dans le sens de la longueur étant toujours suffisante, on peut en négliger le calcul; on se contentera de tirer des connoissances ci-dessus un moyen facile pour reconnoître quels poids sont nécessaires pour changer la différence de tirant d'eau d'une quantité donnée.

On a vu que quand les centres de gravité & de figure sont dans le même point, le moment du poids qui est nécessaire pour incliner le Navire d'une quantité donnée, est égal à ceux des parties qui entrent dans l'eau & en sortent, & que si le centre de la charge est plus haut ou plus bas que celui de la carene, il

faut diminuer ou augmenter ce moment dans le rapport direct de la distance du metacentre au centre de la charge, & inverse de la distance du metacentre au centre de figure. La grande hauteur du metacentre de longueur fait que, relativement à ce point, on peut supposer les centres de figure & de la charge confondus sans erreur sensible : car elle n'est que d'environ $\frac{1}{10}$, dont les momens paroîtront plus considérables qu'ils ne le sont effectivement ; il suffit donc de mesurer les momens des parties qui entrent dans l'eau vers une extrêmité, & en sortent vers l'extrêmité opposée.

Pour cela on prendra le milieu pour terme, on multipliera les largeurs du maître couple par $\frac{1}{12}$, les largeurs des premiers couples de l'avant & de l'arriere par 1, celles des deuxiemes couples par 4, des troisiemes couples par 9, des quatriemes par 16, des cinquiemes par 25, des sixiemes par 6, des septiemes par 49 ; enfin on prend le quart de la somme des largeurs des septiemes couples & des extrêmités qu'on multiplie par le quarré de $7\frac{1}{2}$, ou par 60 ; on en fait une somme que l'on double, parce que les plans n'offrent que des demi-largeurs ; cette quantité étant multipliée par la distance des couples, & par la quantité dont un couple s'éleve ou s'enfonce plus dans l'eau, que le précédent, pour la différence de tirant d'eau donnée ; on a les momens réduits en pieds cubes, & par conséquent en tonneaux pieds, dont la transposition change la différence de tirant d'eau de la quantité donnée.

On donnera une courte explication de ce calcul. Chaque couple, à compter du centre de gravité ou du milieu, s'éleve hors de l'eau ou s'y enfonce plus que le précédent. Si, par exemple, le premier couple enfonce d'un pouce, le deuxieme enfoncera de deux & ainsi des autres, ainsi à chaque couple la hauteur du volume déplacé devient plus considérable à proportion de ce qu'il est plus vers l'extrêmité ; de plus, la résistance est encore proportionnelle à la distance du centre de gravité ou du milieu ; (car ici on peut prendre indistinctement l'un ou l'autre, ou même le maître couple pour terme) & cette distance suit le rapport de l'augmentation de tirant d'eau, laquelle doit par conséquent être prise deux fois ; 1° parce qu'elle

augmente le volume d'eau déplacée; 2° parce qu'elle eſt proportionnelle au bras de levier.

Dans la formule de calcul, on a ſuppoſé le Navire partagé en 16 diſtances; s'il y en avoit plus ou moins, s'il y en avoit, par exemple, ſeulement 12, ſavoir ſix de l'avant & ſix de l'arriere, ce qui formeroit 5 couples intermédiaires, on finiroit par prendre le quart des largeurs des cinquiemes couples & des extrêmités, que l'on multiplieroit par le quarré de $5\frac{1}{4}$, ou par 33.

Les limites du changement du tirant d'eau étant peu étendues, la ligne de flottaiſon ne varie pas ſenſiblement, d'autant que ſi elle augmente ou diminue vers l'avant, elle diminue au contraire ou augmente vers l'arriere.

Comme dans le calcul on ſuppoſe les centres de gravité & de figure confondus, les momens trouvés peuvent être trop forts d'une vingtieme partie; mais cette erreur peut ſe négliger, ou être corrigée en retranchant le vingtieme de la ſomme de ces momens, quelque ſoit la poſition du centre de la charge. La connoiſſance que l'on a des Navires de guerre, peut faire aſſurer que l'erreur ſera ſouvent annullée, ou au moins diminuée de moitié, ce qui la rendra inſenſible.

29. Il vaut mieux trouver par le calcul, les momens qui changent la différence de tirant d'eau, que par l'expérience, que la difficulté de meſurer le tirant d'eau & les poids rendroit ſouvent défectueuſe.

Il n'en eſt pas de même de la ſtabilité latérale. On pourroit, à la vérité, prendre le moment des parties du Vaiſſeau par rapport à un point quelconque, qui ſerviroit de point d'appui; on prendroit en même temps ceux des parties du même genre; ainſi on calculeroit les momens des couples, des beaux, des bordages des ponts, des bordages extérieurs, de l'artillerie, du leſt, des vivres, agrêts, mâture, &c. & on diviſeroit cette ſomme des momens ſuivant la regle générale (N° 13.) par la ſomme des poids. On auroit la poſition du centre de la charge, & le calcul donneroit celle du metacentre. C'eſt une opération dont on voit un exemple dans le Traité du Navire, & que M. de Borda a faite pour le Vaiſſeau l'*Artéſien;* mais c'eſt un calcul très-long, & une expérience très-ſimple propoſée &

ſuivie par ces mêmes Savans, y ſupplée avec avantage. Si l'on met toute l'artillerie d'un bord du Vaiſſeau aux ſabords, & celle de l'autre bord en dedans, on a un poids conſidérable qu'on connoît avec exactitude, ainſi que la différence des momens d'un bord à l'autre; il n'y a plus qu'à meſurer l'inclinaiſon produite par cette diſpoſition de l'artillerie, & la différence des momens repréſente la ſtabilité pour cette inclinaiſon. On la réduit au ſinus total par l'analogie (du N° 18.), le ſinus de l'inclinaiſon eſt au ſinus total, ou l'inclinaiſon meſurée eſt à la demi-largeur comme la différence des momens où la ſtabilité, pour l'inclinaiſon, eſt à la ſtabilité réduite au ſinus total, qui (N° 19.) eſt égale au déplacement multiplié par la diſtance du metacentre au centre de la charge.

Le fondement de la théorie de la ſtabilité étant ce principe inconteſtable, que la force des corps eſt proportionnelle à leur poids & à leur diſtance au point d'appui, on doit regarder cette partie eſſentielle de la théorie des Vaiſſeaux, ainſi que celle qui a rapport aux déplacemens, comme inconteſtable.

CHAPITRE V.

Du Roulis & du Tangage.

I.

30. UN Vaiſſeau ayant été déplacé de ſa ſituation naturelle par quelque cauſe que ce ſoit, ſi cette cauſe vient à ceſſer, il ſera forcé par la ſtabilité d'y revenir par un mouvement accéléré; il paſſera même au delà de ſa ſituation naturelle ou d'équilibre, & aura une inclinaiſon qui croîtra en ſens contraire juſqu'à ce qu'elle ſoit égale à la premiere, & que ſon mouvement ſoit éteint; rappellé de cette nouvelle poſition, il repaſſera encore au delà de ſon état d'équilibre, & reviendra à ſa premiere ſituation de même qu'un pendule qui fait ſes oſcillations. Ce mouvement ſera régulier, & les inclinaiſons d'un côté ſeront égales à celles de l'autre, faiſant abſtraction de la réſiſtance de l'eau.

Le pendule, dont les oſcillations ſe feroient dans un temps égal à la durée des balancemens du Vaiſſeau, ſe nomme *Synchroſne*. Des expériences très-préciſes, indépendamment de la théorie, ont montré que les pendules, dont la longueur eſt de 36 pouces $\frac{4}{7}$, font leurs oſcillations en une ſeconde, & que les temps ſont en raiſon ſoudoublée de leurs longueurs; enſorte que les oſcillations d'un pendule, qui auroit 27 pieds 6 pouces de long, ont une durée de 3 ſecondes. Il n'eſt pas ici queſtion de légeres différences de longueur que les pendules doivent avoir dans les diverſes latitudes, pour meſurer exactement les mêmes intervalles de temps.

31. Pour connoître la longueur du pendule ſynchroſne à un Vaiſſeau, ou dont les oſcillations ſont de la même durée, nous avons beſoin de quelques recherches préliminaires. La premiere eſt celle du point ſur lequel le Vaiſſeau tourne dans les roulis. Tout le monde voit que les parties inférieures ont un mouvement dans un ſens, & que les inférieures l'ont dans un ſens

opposé. Mais quel est le point qui est sans mouvement, qui sépare les parties inférieures & supérieures? C'est ce qu'on reconnoîtra avec facilité après quelques réflexions. On voit que les oscillations se succedent; cette observation seule montre la nécessité absolue de l'égalité du mouvement des parties supérieures & inférieures, à peu près de même que les oscillations d'une balance montrent l'égalité des momens des poids qui sont dans les bassins. Si, en effet, le moment des parties supérieures étoit plus considérable, les parties inférieures seroient entraînées, & il ne pourroit y avoir d'oscillation. Les quantités de mouvement des parties supérieures & inférieures, par rapport au point sur lequel le Vaisseau tourne, devant être égales, il faut que ce point soit le centre de gravité, puisque l'on a vu (N° 12.) que les momens de part & d'autre du centre de gravité sont égaux.

Une autre réflexion confirmera cette détermination. Le centre de roulis doit n'avoir aucun mouvement, & dans un Vaisseau sans mouvement progressif, le centre de gravité doit être immobile, puisque le mouvement de ce point représente celui du Vaisseau entier : il faut donc que ces points soient les mêmes; si cela n'étoit pas le centre de gravité, & par conséquent le Vaisseau entier auroit un mouvement progressif naissant de la premiere oscillation, ou il faudroit que la deuxieme oscillation, qui devroit détruire le mouvement acquis, & remettre de plus le Vaisseau dans sa premiere place, eût une force double; ce qui est également impossible.

La deuxieme observation est que les corps résistent au mouvement en raison de leur masse, de leur distance au point d'appui & de la grandeur de l'arc qui est décrit, lequel est proportionnel à cette distance. Un corps, deux ou trois fois plus éloigné, résistera quatre ou neuf fois davantage; cette résistance au mouvement, ou plutôt à changer d'état, car elle est la même pour perdre le mouvement acquis, est nommée *force d'inertie*: elle a été reconnue par Kepler; tous les Physiciens l'admettent, & l'Horlogerie principalement confirme ce principe par des expériences journalieres. (Voyez l'Essai sur l'Horlogerie & le Traité des Horloges Marines de M. Ferdinand Berthoud.)

Les momens d'inertie ſe rapportent aux trois axes qui paſſent par le centre de la charge du Vaiſſeau, ſelon les divers mouvemens que l'on examine. Si on conſidere les mouvemens de converſion, comme ils ſe font autour de l'axe vertical, qui paſſe par le centre de la charge, c'eſt à cet axe qu'on rapporte alors les momens d'inertie; ſi on examine le roulis, on le rapporte à l'axe horizontal ſitué dans le ſens de la longueur; & ſi c'eſt le tangage, l'axe horizontal, ſitué dans le ſens de la largeur, eſt alors pris pour point d'appui.

32. Le moment d'inertie repréſente la difficulté que le Navire éprouve à prendre du mouvement. Lors donc qu'il a été déplacé de ſa ſituation naturelle, celui qui a un plus grand moment d'inertie y ſera rétabli avec plus de lenteur; & diverſes expériences ont montré que les quarrés du temps des oſcillations, ou les longueurs des pendules qui (N° 30.) y ſont proportionnelles, ſont comme les momens d'inertie. Il faut, d'un autre côté, faire attention que le Vaiſſeau aura d'autant plus de facilité à reprendre ſa ſituation naturelle, qu'il y ſera ramené avec plus de force, ou qu'il aura plus de ſtabilité; ainſi la difficulté qu'éprouve le Navire, eſt en raiſon directe du moment d'inertie total & inverſe de la ſtabilité; & par conſéquent la longueur du pendule ſynchroſne aux oſcillations, qui répond au quarré de leur durée, ſuit les mêmes raiſons.

On tirera de ces principes la regle générale ſuivante : *On multipliera la peſanteur de toutes les parties du Vaiſſeau par le quarré de leur diſtance à l'axe, qui ſert de point d'appui, & diviſant la ſomme de ces produits par la peſanteur totale du Vaiſſeau; & par la diſtance du centre de la charge au metacentre, ou à la longueur du pendule ſynchroſne.*

De ces regles on conclura que le Navire étant donné, celui qui a peu de vivres & d'artillerie, & où ces poids ſont remplacés par le leſt, aura les mouvemens de roulis plus prompts; que pareillement plus les poids ſont rapprochés de l'axe longitudinal, qui paſſe par le centre de la charge, plus le roulis aura de vivacité. C'eſt une confirmation de la regle connue d'arrimage, de rapprocher les parties les moins denſes du plan de la quille, & en éloigner les plus denſes lorſque l'on veut diminuer

la vivacité du roulis. Les regles de la ſtabilité étant les plus importantes, on eſt obligé de mettre les poids les plus denſes dans la partie inférieure, & en général tous les poids le plus bas qu'il eſt poſſible : leur tranſpoſition ne peut donc avoir que très-rarement lieu dans le ſens de la hauteur, elle ne peut être que latérale.

Il eſt eſſentiel de remarquer que l'augmentation de momens dans le ſens latéral, eſt la même lorſqu'on les rapporte à l'axe vertical; & il eſt toujours vrai de dire, que *la tranſpoſition latérale des poids, en rendant le roulis plus lent, rend auſſi les mouvemens de converſion plus lents.* A la vérité, comme la ſomme totale des momens d'inertie, rapportés à l'axe vertical, eſt plus conſidérable que celle des momens par rapport à l'axe longitudinal, cette augmentation, quoique la même, en eſt une moindre partie proportionnelle.

Il ne faut pas même penſer que la ſeule tranſpoſition poſſible, qui eſt celle du leſt de fer, faſſe un grand changement dans la durée des roulis. Comme on peut déduire de ce que la longueur du pendule ſynchroſne eſt en raiſon directe du moment d'inertie & inverſe de la ſtabilité, que connoiſſant deux de ces choſes, on connoît la troiſieme, il s'enſuit que lorſqu'on connoît la ſtabilité du Navire, ce que l'on a enſeigné (N° 29.) à déterminer par l'expérience, il n'y a plus qu'à rechercher la longueur du pendule ſynchroſne, ou la durée des balancemens du roulis qui donnent cette longueur (voyez N° 30). En multipliant la ſtabilité du Vaiſſeau par la longueur de ce pendule, on a les momens d'inertie du Vaiſſeau, à peu près; c'eſt ainſi que j'ai trouvé que pour *la Malicieuſe*, Frégate de 32 canons, ils étoient, lorſque je l'ai commandée, d'environ 150.000 tonneaux pieds. Pour rendre les roulis plus lents de $\frac{1}{10}$ ſans toucher à la ſtabilité, il faudroit que les momens d'inertie augmentaſſent dans le rapport, de (50^2 à 51^2) ou de $\frac{1}{25}$: il faudroit donc une augmentation de 6.000 tonneaux pieds, ou tranſporter 60 tonneaux à 10 pieds; ce qui ſeroit impoſſible, car preſque tout a ſa poſition déterminée; ainſi les poids en leſt & vivres, qui ſont la ſeule partie variable du chargement d'un Vaiſſeau, étant donnés, toutes les fois que l'on arrimera à peu près ſuivant

les

les regles de la ſtabilité, la promptitude des roulis pourra être regardée comme donnée.

32. Il eſt utile de jetter un coup d'œil ſur ce qui arriveroit dans deux Navires ſemblables & ſemblablement chargés. Le nombre des parties, lequel eſt proportionnel à la ſurface des coupes, ſuivra le rapport du quarré des largeurs; de plus, le centre moyen ſe trouve éloigné de l'axe dans la même raiſon; le moment d'inertie, lequel eſt compoſé du nombre de parties, multiplié par le quarré de leurs diſtances, eſt donc comme le quarré quarré des largeurs; mais la ſtabilité n'éprouve qu'un changement proportionnel au cube; la longueur du pendule ſynchroſne, qui eſt égal au moment d'inertie diviſé par la ſtabilité, changera donc comme les largeurs, & par conſéquent la durée des oſcillations en ſuivra la raiſon ſousdoublée.

Mais comme les Navires ſemblables, & d'une largeur très-différente, ne peuvent être ſemblablement chargés, on peut croire que cette loi, que le temps des oſcillations eſt en raiſon ſousdoublée des largeurs, n'eſt pas applicable à l'état préſent de la conſtruction. En général les Navires marchands ſeuls peuvent être regardés comme ſemblables, pour le déplacement, aux Navires de guerre; mais le moment d'inertie du chargement des Navires marchands, eſt moindre que celui des Navires de guerre, & la ſtabilité eſt en général plus foible lorſqu'ils ſont chargés en marchandiſes; ce qui forme une compenſation auſſi exacte, que la variabilité des chargemens des Vaiſſeaux de guerre & des Bâtimens marchands, dans leurs diverſes campagnes, peut le permettre. Il en eſt de même des Frégates comparées aux Navires de guerre; enſorte que, malgré la différence de conſtruction de ces Bâtimens, les durées des balancemens du roulis ſont à peu près comme les racines des largeurs.

Toute cette théorie qui juſqu'ici eſt la même dans cet Ouvrage & dans ceux de MM. Bouguer, Euler, l'Abbé le Boſſut, &c., eſt fondée ſur deux ſuppoſitions : la premiere, que la réſiſtance de l'eau eſt petite & peut ſe négliger; mais cette ſuppoſition n'altere pas eſſentiellement la théorie : elle rend ſeulement la partie ſubſéquente d'une oſcillation, ſoit l'aſcenſion, ſoit la deſcenſion, moindre que la précédente; la

ſeconde, c'eſt que le roulis tire ſon origine d'une cauſe étrangere qui ceſſe abſolument, & que ce n'eſt qu'une continuation de l'effet de cette premiere cauſe.

II.

33. Ayant déja traité du roulis, en tant qu'il eſt produit par les agitations de la mer, dans un Mémoire particulier, je ferai entrer ici ces conſidérations phyſiques. M. Euler, dans ſon dernier Ouvrage, intitulé, *Théorie complette de la conſtruction & de la manœuvre des Vaiſſeaux*, ſemble les avoir reconnues, car il dit : « les élévations & abaiſſemens ſucceſſifs des lames, » ſeroient capables de produire un balancement dans le Vaiſ- » ſeau, quand il n'auroit pas été incliné par une autre force. »

Voici ce qu'il ajoute : « Pour déterminer les mouvemens qui » ſont imprimés alors au Vaiſſeau, la théorie nous abandonne » entiérement, vu que nous ignorons abſolument les loix ſelon » leſquelles une eau agitée pouſſe les corps qui y nagent ; que » d'un autre côté, la formule trouvée ci-deſſus pour la ſtabilité » ne ſauroit plus avoir lieu pour la même raiſon, & la longueur » du pendule ſynchroſne devient abſolument fauſſe ; auſſi l'ex- » périence nous a donné à connoître que les forces qu'une mer » troublée par les vagues exerce ſur le Vaiſſeau, ſont tout-à-fait » différentes de celles qu'on obſerve dans une mer calme ; on a » même remarqué que lorſqu'un Vaiſſeau eſt porté en haut par » les vagues, il y monte par un mouvement accéléré, & il » retombe en bas par un mouvement retardé ; ce qui paroît » directement oppoſé aux principes qu'on ſe forme communé- » ment ſur l'action des eaux. »

34. Il eſt d'autant plus eſſentiel de diſcuter les loix que ſuit la mer agitée, que, ſelon M. Euler, il n'y auroit aucune théorie réelle de la conſtruction, puiſque même celle de la ſtabilité ſeroit incertaine ; ainſi on rapportera ici les principes généraux de la théorie des fluides ; on fera voir qu'ils ont lieu dans la mer agitée. Ce que je dirai peut être regardé comme inconteſtable ; j'ai donné une attention particuliere à cette partie, & les événemens de la mer, un démâtement total entr'autres, m'ont donné lieu d'en vérifier diverſes circonſtances.

Le premier principe eſt qu'un corps quelconque dans un fluide agité ou non, occupe un déplacement égal à ſon poids.

Le ſecond eſt que la ligne qui joint les centres de gravité & de figure, eſt toujours perpendiculaire à la ſurface du fluide, dans le lieu où eſt ce corps, ſoit que la ſurface ſoit horizontale, ou inclinée. Lorſque cette ſurface eſt horizontale comme dans les mers calmes, qui n'en eſt qu'un cas particulier, cette perpendiculaire eſt une ligne verticale. On reconnoit la vérité de ces principes, quand on voit des débris d'une groſſe mer.

3° Si quelque cauſe étrangere occaſionne un tel mouvement au corps flottant, que la ligne qui joint les centres de gravité & de figure, ceſſe d'être perpendiculaire à la ſurface du fluide, il tendra à revenir à cette ſituation par un mouvement d'oſcillation.

Dans cette théorie générale, il s'agit du fond des vagues; qui en eſt l'eſſentiel; comme elles ſont aprés des coups de vent, lorſque le calme ſurvient, car alors elles ont une forme très-réguliere. Celles que nous nommerons *accidentelles*, qui ſe joignent à celles-ci dans les coups de vent, en altérent à la vérité la figure. Ce ſont ces dernieres qui ſe développent & forment des briſemens ſur la ſurface de la lame: elles ne peuvent être conſidérées ici.

35. De cette théorie des vagues il réſulte que ſi leur poſition étoit conſtante, la poſition du Vaiſſeau reſteroit conſtante, & ce qui, dans la ſituation naturelle, eſt la ligne de flottaiſon, le ſeroit dans toutes les ſituations par rapport à la vague; mais elle s'éleve ou s'abaiſſe ſucceſſivement, ce qui rend à la vérité ce réſultat impoſſible à démontrer par l'expérience, mais ne doit pas nous empêcher de nous y arrêter, pour avoir une idée nette des roulis & tangages.

Si les vagues étoient immobiles & n'avoient que les mouvemens ſucceſſifs d'élévation & d'abaiſſement, le Vaiſſeau reſtant dans la même place ſeroit ſoumis aux mêmes inclinaiſons ſucceſſives, que s'il en parcouroit l'étendue, les vagues n'ayant aucun mouvement d'élévation & d'abaiſſement, pourvu que le temps fût le même. Nous préférons de conſidérer le Vaiſſeau dans les différens points de la vague, parce que la figure eſt

plus développée ; au reſte, il eſt évident que rien n'eſt altéré par cette maniere de repréſenter ces poſitions du Vaiſſeau & de la vague.

Le Vaiſſeau qui (*Figure 14.*) auroit en 1, pour perpendiculaire à la flottaiſon, la ligne MO ; arrivé en 2, aura pour perpendiculaire une ligne NO inclinée en ſens contraire.

Ce mouvement n'eſt pas un roulis à la vérité dans le ſens conſidéré dans toutes les théories, mais relativement à l'effet & aux riſques de la mâture, c'eſt la même choſe ; & ſi par haſard le pendule ſynchroſne aux oſcillations du Vaiſſeau, l'eſt auſſi à celles des vagues, les oſcillations ſeront les plus ſimples de toutes. Je répete ici qu'il s'agit de la vague principale. Cette aſſertion de l'avantage de l'égalité de temps des oſcillations du Vaiſſeau & des vagues, eſt préciſément oppoſée à l'opinion de M. Euler (même Traité de la conſtruction & manœuvres des Vaiſſeaux.) Voici une expérience connue qui ſervira à décider entre les deux opinions.

Quand on démâte de tous mâts dans une groſſe mer, l'oſcillation propre du Vaiſſeau eſt d'une bien moindre durée que celle des vagues, & cependant les roulis ſont alors non-ſeulement d'une très-grande vivacité, mais d'une très-grande étendue.

Comme la premiere idée qui ſe préſente eſt que la grande amplitude des roulis d'un Vaiſſeau démâté vient de ce que, dans cet état, il n'éprouve preſqu'aucune réſiſtance de l'air ; je l'ai calculée pour *la Malicieuſe*, Frégate de 32 canons ; ſi on la conſidere *à ſec*, c'eſt-à-dire, les voiles exactement ſerrées, la ſurface des mâtures & manœuvres eſt environ 800 pieds ; on peut négliger la ſurface des hauts de la Frégate, l'oſcillation a environ $4''\frac{1}{2}$ de durée, arc ou éloignement de la verticale. $39^d\frac{1}{2}$ environ, quand le platbord vient à l'eau dans le roulis. Viteſſe ſuppoſée uniforme pour la mâture 16 pieds par ſeconde, la réſiſtance calculée ſur ces données ne ſeroit pas un $\frac{1}{205}$ de diminution dans l'amplitude du roulis.

Nota. Pour meſurer l'angle du roulis je me ſuis ſervi de deux méthodes : la premiere, c'eſt de conſidérer, par exemple, les divers points des haubans, qui vus d'un point fixe, corref-

pondent à la vue de l'horizon ; la ſeconde a été de voir juſqu'où le Navire enfonce dans l'eau dans ſes roulis ; mais cette derniere méthode exige les calculs du Vaiſſeau incliné. Il m'a paru qu'en général les fils à plomb, à cauſe de leurs mouvemens d'oſcillation propre, donnent des angles apparens ou écarts de la verticale plus grands que les véritables ; cependant ils ſont préférables quand on veut connoître le mouvement d'un corps qui n'eſt pas totalement dépendant de celui du Navire.

En cherchant le même effet, quand on a toutes voiles dehors, on trouve une quantité quinze fois plus grande ; ce qui eſt peu conſidérable : d'ailleurs les temps, qui demandent la plus grande attention, ne permettent de porter que peu de voiles, & encore ce ſont les plus baſſes ; ainſi la premiere détermination eſt la plus exacte, & on peut dire qu'en aucun cas la réſiſtance de l'air n'eſt ſenſible.

36. Quand la durée des oſcillations des vagues & du roulis eſt très-différente, il en réſulte une grande irrégularité & violence dans les mouvemens du Vaiſſeau. Suppoſons, pour le faire comprendre, le Vaiſſeau en o, (*Figure 15.*) & que ſa flottaiſon naturelle ſoit parallele à la ſurface du fluide au point o, dès qu'il ſe ſouſtrait, il en réſulte un mouvement d'oſcillation pour le Vaiſſeau, qu'il faut compoſer avec celui de la vague. Si les oſcillations du Navire étoient quatre fois plus promptes que celles des vagues pendant qu'il parcourt la demi-courbe o. 2. 4. il y aura quatre oſcillations du roulis proprement dit ; quand le Vaiſſeau ſera ſur la lame en 1, ce qui ne devroit changer l'angle avec la verticale que de la quantité o. C. 1, l'oſcillation particuliere du Vaiſſeau fera que cet angle changera d'une quantité double. Il reviendra enſuite par ſon mouvement de roulis dans un ſens oppoſé au mouvement que donneroit la vague, enſorte que l'angle avec la verticale ſera à peu près le même juſqu'à ce que le Vaiſſeau ſoit ſur la vague en 2 ; ce ſera la même choſe de 2 en 3 & de 3 en 4. Cet exemple ſuffit pour montrer comment les oſcillations du Vaiſſeau doivent ſe compoſer ; quoique l'on puiſſe obſerver qu'aucun Bâtiment n'a une telle promptitude de roulis par rapport à celle de la vague ; cependant on a pu ſuppoſer ce rapport tel qu'on

a voulu, & on a préféré un multiple pour donner une idée plus ſimple de cette compoſition. On voit que le défaut de ſynchroniſme rend le roulis plus fatiguant, par les inégalités d'accélération. En comprenant de même les mouvemens de roulis, pour divers rapports des oſcillations des vagues & du Vaiſſeau, on trouvera que les oſcillations des Vaiſſeaux, quand elles ſont les $\frac{2}{3}$ ou $\frac{3}{4}$ de celles de la vague, ſont très-fatiguantes pour la mâture, & donnent des roulis d'une très-grande amplitude.

37. Comme on s'eſt propoſé dans ce Traité de tirer des conſéquences utiles, on examinera principalement ce que demandent les groſſes mers; car on ne peut rendre les oſcillations plus lentes ou plus promptes ſelon le changement des vagues.

Si le Vaiſſeau occupoit une eſpace inſenſible dans la vague; les plus foibles, dans le cas du ſynchroniſme, donneroient la même inclinaiſon que les plus fortes; & cette inclinaiſon iroit juſqu'à 45^{d} environ, mais le Vaiſſeau y occupe une eſpace ſenſible; les vagues de 32 pieds de hauteur ont environ 150 pieds d'étendue, celles de 20 en ont 112 : la moitié de ces dernieres eſt 56; un Vaiſſeau qui occuperoit une moitié de la vague, n'auroit guere que 22 pieds $\frac{1}{2}$ d'inclinaiſon ou fort peu plus; les Frégates même y ſont ſenſiblement étendues. Des vagues de 24 pieds de haut ont près de 4$''$ $\frac{2}{3}$ de durée, & les oſcillations des autres vagues ſont comme les racines des hauteurs.

Comme les vagues de 24 pieds ne ſont pas extrêmement rares, il faut donc que les oſcillations des Vaiſſeaux, pour ſe bien comporter, aient environ 5$''$; les Frégates peuvent avoir des roulis un peu plus prompts, parce que les vagues de 18 pieds les agitant comme celles de 24 pieds agitent les Vaiſſeaux, & étant plus communes, il eſt bon d'y avoir égard.

On doit éviter, avec le plus grand ſoin, de rendre les roulis beaucoup plus prompts qu'ils ne le ſont dans l'état préſent de la conſtruction, & il eſt à propos d'examiner l'effet de la rentrée; quoique l'on ait négligé juſqu'ici de conſidérer les hauts des Navires, on ne peut s'empêcher de reconnoitre que, dans les grands roulis. ils doivent contribuer à leurs qualités. Tout le monde dit qu'elle rapproche les poids du centre; cela eſt

vrai ; mais quel eſt l'effet de cette diſpoſition conſidérée ſeule ? Le moment d'inertie ſeroit diminué d'une quantité inſenſible, & par conſéquent le roulis deviendroit un tant ſoit peu plus prompt. Les poids rapprochés du centre ne ſont pas non plus un avantage pour la ſtabilité ; tout ce que l'on pourroit dire, c'eſt que l'artillerie fatigue un peu moins les beaux ; que cela procure une très-foible diminution de poids.

J'ai calculé que, dans *la Malicieuſe*, le moment d'inertie n'eſt pas augmenté de $\frac{1}{60}$, ce qui ne feroit pas $\frac{1}{120}$ de diminution ſur la durée du roulis. Cette différence eſt inſenſible.

38. On remarquera qu'il n'eſt pas néceſſaire de connoître le lieu du centre de la charge, pour avoir le changement des momens d'inertie cauſé par la tranſpoſition latérale des poids : car (*Fig. 16.*) ſoit que ce centre ſoit en C, ou en G ou en Q, le changement du moment d'inertie, quand le poids eſt tranſpoſé de R en B, eſt toujours P (BC^2—RC^2). Si le centre eſt en C, il eſt évident que dans la premiere poſition qu'occupe le poids P, ſon moment d'inertie eſt P (RC^2), & dans le cas de la deuxieme il eſt P (BC^2) ; ſi le centre eſt en G, le moment d'inertie du poids P, dans la premiere poſition, eſt P (GA^2+RC), & dans la deuxieme il eſt P (GA+BC), & la différence eſt toujours la même, c'eſt-à-dire P (BC^2—RC^2).

Mais ce changement de moment n'eſt pas la ſeule choſe à conſidérer. La ſuppreſſion totale de la rentrée augmenteroit de $\frac{1}{10}$, les largeurs à la flottaiſon quand le vibord eſt à l'eau, & qu'on ſuppoſe de plus les fonds donnés ; ainſi le metacentre, pour cette ſuppoſition, s'éleve au deſſus du centre de figure dans le rapport du cube de 10 à celui de 11, ou comme 3 : 4 ſans compter que le centre de figure lui-même s'éleve ; ainſi le metacentre, qui pour de certaines Frégates eſt élevé de 9 pieds 6 pouces au deſſus du centre de figure & d'environ 3 pieds 2 pouces au deſſus du centre de la charge, ſera élevé de 12 pieds 8 pouces au deſſus du premier centre, & de 6 pieds 4 pouces au deſſus du deuxieme, ſans compter l'élévation particuliere du centre de figure inclinée. Ainſi la longueur du pendule qui meſure les oſcillations, lequel eſt en raiſon inverſe de la ſtabilité ou de cette diſtance, (N° 32.) eſt moindre de

moitié, & par conſéquent les roulis ſont plus vifs dans le rapport de $\sqrt{1}$ à $\sqrt{2}$ ou de 5 à 7.

A la vérité, ce pendule ſynchroſne varie avec la diſtance du metacentre au centre de la charge; mais en raiſon réciproque, la plus petite longueur eſt lors de la plus forte inclinaiſon, & la plus grande a lieu quand le Navire eſt dans ſon état naturel. On voit que les oſcillations ſe font par un mouvement accéléré, enſorte qu'il parcourt le milieu de l'arc de ſon amplitude avec une grande viteſſe; ainſi les diverſes circonſtances de l'état du Vaiſſeau ont fort peu de temps pour agir, & c'eſt principalement l'état du Vaiſſeau, dans le commencement de ſon oſcillation, qui en fixe la vivacité.

On a cru cependant devoir chercher la différence, que la variation de hauteur du metacentre, dont l'augmentation a été ſuppoſée proportionnelle à l'angle du roulis ou à l'écart de la verticale, y apporte. Suppoſant de plus que, dans la plus forte inclinaiſon, cette augmentation eſt égale à la premiere hauteur; on a trouvé la différence inſenſible. Ainſi les roulis d'une Frégate dureroient une ſeconde de moins; ce qui fatigueroit extrêmement la mâture. Comme la ſolution exacte de ce problême tient à la théorie des pendules dont elle eſt un cas particulier, on ſe contentera de ces raiſonnemens généraux (1).

39. On en tirera des conſéquences qui méritent la plus grande attention. *Un Vaiſſeau qui a une ſtabilite conſidérable par la forme de ſes fonds, ou par la diminution des poids ſupérieurs, doit avoir plus de rentrée pour ne pas fatiguer ſa mâture.* Mais comme il eſt vrai que, d'un autre côté, la rentrée eſt très-

(1) Dans les petits arcs décrits par les pendules, il eſt démontré qu'un poids décrit la quinzieme partie de ſon amplitude dans $\frac{1}{6}$ du temps de l'oſcillation; la ſeptieme partie de l'amplitude totale ou les $\frac{1}{7}$ de la demi-amplitude dans un quart de la durée; la moitié de la demi-amplitude dans le tiers de la durée, & en général ſi on a (*Fig. 17.*) un pendule fixe en M, & qui oſcille dans l'arc AEDEC, tirant la droite AC qui coupe le diametre ID en H; ſi on partage la ligne HD en 2 au point K, de ce point décrivant le cercle HGDG; le temps que le corps emploie à deſcendre de A en E, eſt à l'oſcillation totale, comme l'arc HG, compris entre les lignes AC & EE, eſt à la circonférence du cercle. On voit par-là combien peu de temps le poids reſte dans les parties inférieures, les ſeules où l'augmentation de longueur du pendule ſoit ſenſible, & qu'ainſi on peut les négliger.

déſavantageuſe

déſavantageuſe pour la tenue des mâts, il ne faut pas négliger de ſe ſouſtraire à la néceſſité d'en avoir une conſidérable.

Ainſi il ne faut pas trop diminuer la bricolle, & c'eſt une regle de conſtruction par rapport aux qualités des Navires de guerre. *On doit donc leur donner une artillerie ſuffiſante :* car cette bricolle diminuant la ſtabilité, il faut y ſuppléer par la diminution & la tournure de la rentrée, alors les mâts ſeront mieux appuyés, & on ne perdra pas inutilement la force des Navires; ce qui fait que (*dans la Figure 18.*) je préfere la tournure de l'allonge de l'unicorne à celle de la ſirene.

Les Conſtructeurs, & en particulier le célebre Olivier, ont reconnu la néceſſité en diminuant les poids ſupérieurs, de changer la forme des hauts, augmenter l'inclinaiſon de l'allonge. Ces raiſons juſtifient en partie la rentrée exorbitante du *Chameau;* mais il eût mieux valu ne pas ſe mettre dans le cas qu'une rentrée ſi conſidérable fût néceſſaire.

A plus forte raiſon *les Navires ne doivent pas ſortir en dehors au maître gabarit :* car ſi leur ſtabilité eſt ſuffiſante pour les petites inclinaiſons, leurs roulis ſeront trop vifs.

Les petits Navires qui ſeroient faits pour naviguer le long des côtes où la mer eſt belle; mais les riſées fréquentes doivent avoir moins de rentrée, que s'ils vont ſouvent dans les groſſes mers.

40. On a pu remarquer que, dans cette théorie, la grandeur du roulis dépend de l'eſpace que le Vaiſſeau occupe par ſa largeur dans la vague, & du rapport de leurs oſcillations. Dans la théorie ordinaire où le roulis eſt conſidéré ſans ce rapport, plus le roulis a de vivacité, moins il a d'étendue, & il en réſulteroit que les roulis les plus vifs ne ſeroient pas les plus dangereux pour la mâture; car la totalité des arcs décrits par la mâture, en temps égaux, ſeroit la même; & plus le roulis ſeroit vif, moins la mâture s'écarteroit de la verticale; ce qui la fatigueroit moins.

Il étoit donc à propos de montrer que la théorie ordinaire eſt inſuffiſante, quoique vraie; parce qu'on doit y faire entrer abſolument la conſidération des vagues. Sans cela on tireroit des conſéquences abſolument contraires à l'expérience. Toute

perſonne qui ayant paſſé par la fâcheuſe ſituation d'un démâtement total, aura voulu méditer ſur cet événement, en ſera convaincue.

Tout ce qui a été dit du roulis paroît convenir au tangage. Mais on doit obſerver que comme les Vaiſſeaux à cauſe de leur longueur portent preſque toujours ſur pluſieurs vagues, au moins ſur les deux moitiés de la même, les réſultats ne peuvent être que fort altérés.

Mais c'eſt principalement lorſqu'il s'agit du tangage, qu'il faut examiner s'il eſt avantageux de faire enſorte que le Navire ſuive les mouvemens de la mer, ou qu'il s'y refuſe, ce n'eſt que pour les cas extrêmes que cette difficulté peut être réſolue. Le Navire, qui ne ſuivroit pas les mouvemens de la mer, ſeroit fatigué par les fortes lames, les vagues le choqueroient de même qu'elles s'élevent contre un rocher, ou contre un Navire échoué, elles mettroient en pieces un pareil Navire par la force de leur choc. Tous les mouvemens ſe feroient par ſecouſſes violentes: il eſt donc préférable de faire enſorte que le Navire ſuive, autant que faire ſe peut, les mouvemens de la mer. Ainſi *c'eſt une regle d'arrimage de ſoulager les extrémités du Navire, & porter tant qu'il ſe peut les poids vers le centre;* car on doit regarder le tangage moins comme un mouvement d'oſcillation, que comme un choc. On a vu que, par rapport au roulis, la variation poſſible de la diſpoſition du chargement n'a qu'un effet inſenſible; ce qui fait la différence des regles d'arrimage pour le roulis & le tangage, c'eſt que le roulis ſe rapporte plus aux mouvemens d'oſcillation; cependant, comme les mêmes remarques ont lieu quand il s'agit du choc des vagues, on doit avertir que dans les Navires qui par leur grandeur ont les mouvemens fort lents, eu égard à ceux des vagues, il faut éviter d'éloigner les poids du centre, & il ſeroit avantageux, ſi cela étoit poſſible, de rendre les oſcillations du roulis & des vagues iſochrones.

41. Ceux des Lecteurs qui voudront connoître plus particuliérement la théorie ordinaire, pourront voir les Mémoires de M. l'Abbé le Boſſut & Euler qui ont remporté le prix, ainſi que ceux de M. Bouguer & Euler. Comme ce qui regarde les vagues a été négligé dans tous ces ouvrages, je dois avertir que

M. l'Abbé le Boſſut a trouvé quelqu'utilité dans cette maniere de conſidérer le roulis ; & ſon ſuffrage me flatte infiniment.

M. Euler, dans le Traité du Navire & celui de la Théorie complette de la Conſtruction, &c. dit : *Lorſqu'un Vaiſſeau eſt porté en haut par les vagues, il y monte avec un mouvement accéléré, & il retombe en bas par un mouvement retardé ; ce qui paroît directement oppoſé aux principes qu'on ſe forme de l'action des eaux.* Je crois qu'il eſt utile de faire quelques obſervations ſur cette aſſertion. Si l'action de l'eau agitée étoit totalement différente de celle qu'elle a quand elle eſt calme, toute théorie ſeroit inutile ; mais je puis aſſurer que cette circonſtance n'a pas lieu, & M. Euler aura été trompé par quelques rapports ; on y trouve même quelque choſe de vague : car quand le Vaiſſeau monte ſur la vague par la partie de l'avant, la chûte de l'arriere eſt à conſidérer ; ainſi effectivement le Vaiſſeau en total ne monte ni ne deſcend, puiſque ſi par le défaut de ſoutien de la partie de l'arriere, cette partie tombe, l'avant s'éleve. De plus, il ne s'éleve que juſqu'à un certain point par un mouvement accéléré, & l'accélération diminue comme dans les pendules, comme dans les roulis ; ſans cela il faudroit que le Navire paſſât du mouvement le plus accéléré pour s'élever, au mouvement le plus prompt pour s'abaiſſer, ce qui eſt phyſiquement impoſſible.

CHAPITRE VI.

Des Vagues.

42. CE qui a été dit jusqu'ici fait connoître qu'il est utile d'entrer dans le détail de la cause produisante des roulis, c'est-à-dire des vagues. Le rapport qui se trouve entre cette connoissance & l'estime du sillage, a engagé M. le Monnier à joindre à son Traité du Pilotage le Mémoire que j'avois fait il y a une dixaine d'années sur cette partie de la théorie des fluides.

Je donnerai une Table de ce qui a rapport aux vagues pour les différentes vîtesses du vent, supposant la densité de l'eau & de l'air 784 & 1 : dans les temps où le rapport des densités est 900 & 1, les vîtesses du vent de la premiere colonne, pour produire les mêmes effets, doivent être augmentées de $\frac{1}{14}$. Cette Table est calculée, pour le rapport des autres colonnes entre elles, d'après la théorie de Newton, vérifiées par les observations; & j'ai eu lieu d'observer que la surface supérieure de l'eau prend une vîtesse, qui est à celle du vent en raison sous-doublée inverse des densités.

TABLE des Vagues. Les Densités du Vent & de l'Eau, étant 1 & 784.

VITESSE du Vent.	VITESSE de l'eau à la surface.	HAUTEUR des Vagues.	LARGEUR des Vagues.	VITESSE des Vagues.	HAUTEUR de l'eau sur les Côtes.
7 pieds.	0 p. 25	0 p. 22	0 p. 60	1 p. 30	
14	0. 50	0. 58	1. 30	2. 70	
21	0. 75	1. 25	6. 00	4. 00	
28	1. 00	2. 00	9. 30	5. 50	
42	1. 50	4. 58	21. 00	8. 30	
56	2. 00	8. 00	37. 50	11. 00	1 p. 00
70	2. 50	12. 50	59. 00	13. 80	1. 70
84	3. 00	18. 00	85. 00	16. 50	2. 50
98	3. 50	24. 08	113. 00	19. 20	3. 50
112	4. 00	32. 00	150. 00	22. 00	4. 50
128	4. 50	40. 50	190. 08	25. 00	6. 00

On peut être ſurpris des grandes vîteſſes que le vent peut avoir, ſelon moi; mais elles ſont plus proportionnées aux vîteſſes des nuages & aux effets des vents violents, que celles qu'on a coutume de ſuppoſer d'après Muſſchembrock. Un Vaiſſeau ou Frégate fait ſouvent 12 nœuds ſous la miſaine, ou 20 pieds par ſeconde; ſi on fait attention qu'alors la miſaine, étonnamment courbée, n'offre qu'une foible ſurface, qui, avec celle de la mâture, n'eſt pas plus que les $\frac{1}{7}$ de la voilure totale vent arriere, on reconnoîtra que ces vîteſſes ne ſont pas exagérées. Des duvets ou autres choſes de peu de poids, mais cependant d'une plus grande peſanteur que l'air naturel, peuvent-ils prendre toute la vîteſſe du vent?

On remarque que quoiqu'un vent de 112 pieds par ſeconde ſoit néceſſaire pour élever des lames de 32 pieds, ſa denſité étant la 784e partie de celle de l'eau, cependant il peut exiſter indépendamment de la vague; ce n'eſt qu'après quelque temps qu'elle s'éleve juſqu'à ce point: de même la vague ſubſiſte après la ceſſation du vent, comme tout le monde le reconnoît; les dimenſions des vagues relatives au vent, c'eſt-à-dire les trois & quatrieme colonnes, ſont peut-être ſuſceptibles d'une diminution d'un vingtieme.

43. Pour faire les obſervations qui ont rapport aux vagues, il faut bien vérifier les ſabliers, ſi l'on s'en ſert, & les lignes de lock mouillées; il faut les faire dans les mers libres, car ſans cela les vagues ſeroient plus courtes, & principalement diriger ſa route dans le ſens du méridien. On trouvera toutes ces attentions dans le Livre & Mémoire cités.

Pour obſerver la hauteur des vagues, rien n'eſt plus facile. Il faut voir à quelle hauteur on eſt placé ſur les ponts & gaillards, quand la mer eſt libre: deux pieds dont l'œil ſeroit trop bas, ſont une quantité ſenſible. Il faut auſſi prendre les inſtans où le Vaiſſeau eſt ſenſiblement horizontal, pour éviter de ſe tromper dans l'eſtimation de la hauteur au deſſus du niveau naturel de l'eau.

C'eſt vent arriere, qu'il eſt le plus facile d'obſerver la vîteſſe des vagues. Je ſuppoſe que le Vaiſſeau parcourt 560 pieds, dans le temps qu'il traverſe une vague, dont la hauteur obſervée eſt

24 pieds, ce qui par la Table donne une largeur de 112 pieds; la vîteſſe de la vague pendant ce temps aura été 560—112 ou 448 pieds. Si au contraire les vagues vont plus vîte que le Vaiſſeau, ce qui arrive quelquefois quoiqu'on tâche de l'éviter, parce qu'alors leur choc eſt dangereux, ſi le Vaiſſeau faiſant le même chemin, étoit dépaſſé de la largeur d'une vague, ſa vîteſſe ſeroit 560+112 ou 672, ou les $\frac{6}{7}$ du chemin du Vaiſſeau. On peut faire cette obſervation, le Vaiſſeau parcourant un plus grand nombre de lames, & alors le réſultat eſt plus exact.

Le moindre uſage rend ces obſervations faciles; on doit les ceſſer lorſque des vagues ſe croiſent irrégulierement.

On a déduit les largeurs des vagues de leurs vîteſſes par les corollaires 1 & 2, propoſition 46 du deuxieme livre des principes de Newton, & cela ſe trouve conforme à l'obſervation. J'ai auſſi trouvé que le rapport de leur hauteur & largeur eſt celui du ſinus verſe de 45^d au double de ce ſinus, c'eſt-à-dire, certainement plus que quadruple : l'on peut donc ſuppoſer que la forme des vagues régulieres telles qu'elles ſont après la ceſſation du vent, peut ſe réduire à des arcs de 90^d, ayant alternativement leurs centres au deſſus & au deſſous des lignes des ſommités & abaiſſemens. La force du vent trouble cette forme par les vagues accidentelles, le côté de la vague le plus à l'abri ou ſous le vent, eſt alors plus à plomb, ce qui en facilite le développement, & le côté du vent eſt plus incliné; enſorte qu'elles approchent plus alors d'avoir la forme ABPDE, que celle de A o 1 2 4 E; mais on ne peut demander ici des formes préciſes, il ſuffit d'en remarquer à peu près les effets & la figure.

Figure 15.

On a joint une ſixieme colonne, qui n'a aucune eſpece de rapport aux qualités des Vaiſſeaux, ni à la Marine; c'eſt celle qui dénote l'élévation de la mer ſur les côtes après les coups de vent. Je n'en ſuis pas auſſi aſſuré que des autres colonnes, parce que cela dépend de diverſes eſtimes réunies; je crois cependant qu'elle approche d'être aſſez exacte. Elle eſt calculée ſur les faits ſuivans. Il eſt certain que l'eau s'éleve ſur les côtes, & dès-lors il ſuit que cette élévation ne vient pas du principe de l'égalité du poids moyen des colonnes qui compoſent la vague; car alors le niveau moyen de l'eau reſteroit le même;

il étoit donc naturel de chercher une égalité d'effort; ainſi l'eau s'éleve ſur les côtes d'une quantité telle que l'effort moyen eſt égal à l'effort moyen des vagues.

Au reſte, j'ai averti dans le Traité du Pilotage, qu'il m'a paru que l'on ne peut pouſſer les colonnes au-delà de 140 pieds de vîteſſe pour le vent; encore ceci n'a-t-il lieu que dans les ouragans.

Si l'on nomme r le rayon, a l'abaiſſement des centres au deſſous des lignes des abaiſſemens de la lame, ou l'élévation au deſſus de leurs ſommités, y les hauteurs de la lame au deſſus de ces centres ou leur abaiſſement, x le ſinus de 45^d, l'effort des lames eſt $(y-a^2)$ pour la partie convexe, & $(r-y^2)$ pour la partie concave, & le total des efforts à cauſe de $yy=rr-xx$ devient $3r^2x-\frac{r^2x}{3}+a^2x-2(r+a)\int y\,dx=2(a+z)^2x$ nommant z la hauteur au deſſus du niveau moyen de l'eau; ce qui étant réduit, donne environ pour z la ſeptieme partie de la hauteur de la vague; indépendamment de cette cauſe la mer s'éleve, parce que la côte étant inclinée, ſon mouvement ſe décompoſe.

La connoiſſance de cette partie de la théorie des fluides a une trop grande utilité, pour la perfection de l'hydraulique, pour ne pas eſpérer qu'on pardonnera d'en avoir traité, quoiqu'elle ſoit foiblement liée à la conſtruction des Vaiſſeaux. On voit, par la vîteſſe des vagues, que leur effort n'a pas lieu de ſurprendre; enfin, il nous ſuffit d'avoir expoſé des vues qui ſemblent mériter quelqu'attention.

CHAPITRE VII.

Théorie de la réſiſtance des fluides.

I.

44. JUSQU'ICI nous avons conſidéré le Vaiſſeau en repos, ou au moins ſans mouvement progreſſif. Nous allons maintenant le conſidérer ayant un tel mouvement, ou ce qui eſt la même choſe, le mouvement progreſſif de l'eau contre un corps en repos. Pour parvenir à en donner une idée claire, on commencera par rappeller les principes inconteſtables de la théorie des fluides.

L'effort qu'éprouve une ſurface expoſée à l'action d'un fluide en repos, eſt égal à l'étendue de cette ſurface multipliée par la hauteur du niveau de l'eau au deſſus du centre de gravité de la ſurface. La vérité dc cette propoſition ſe prouve par l'expérience fondamentale, qui eſt que les corps occupent un déplacement égal à leur poids & par la décompoſition des efforts, en deux efforts perpendiculaires l'un à l'autre, dont la direction de la ſurface eſt la dragonale.

Ainſi (*Figure 19.*) l'action verticale de l'eau ſur la ſurface dont PI repréſente une coupe, ou plutôt ſur cette coupe, eſt comme le poids du volume HPIA, & comme BI=HA multiplié par HE, diſtance du niveau de l'eau au centre de gravité du triangle. L'action totale ſur la ſurface PI, eſt à la verticale comme PI : BI. C'eſt la même choſe, ſi on ne conſidere que les trapezes élémentaires, N*n*, M*m*.

L'action de l'eau dans le ſens BI horizontal, provenant de l'action ſur la ſurface PI, eſt à l'action verticale :: PB : BI, & cette action doit avoir ſon effet, à moins qu'elle ne ſoit contrebalancée par un effort égal & oppoſé; de même que l'action ou pouſſée verticale, eſt contrebalancée par la peſanteur, qui lui eſt égale & oppoſée. L'immobilité d'un corps flottant montre donc

donc que les impulsions horizontales se détruisent, quelque soient les courbes qui composent la surface, pourvu qu'il y ait un fluide environnant. Ce que l'expérience montre, se déduit des mêmes principes; car l'impulsion horizontale est toujours PB. HE, & cela soit que la surface ait une inclinaison PI ou PO, ou quand même PO deviendroit PB par l'anéantissement du côté BO. Mais s'il n'y a pas de fluide environnant, comme cela se trouve aux vannes, portes de bassin, d'écluse, &c. l'impulsion horizontale se trouve entiere. Si même le fluide agissant sur la partie ALI, avoit une densité différente de celui qui agit sur la partie HPI; par exemple, si un bassin étoit rempli d'eau douce, & si les portes recevoient l'action extérieure de l'eau de mer, il y auroit une action horizontale égale à la différence des densités du fluide.

45. Si l'on a un plan vertical (*Figure 20.*) exposé à l'action d'un fluide extérieur PBEE, & d'un fluide intérieur OBII: l'action horizontale totale est PB. $\frac{PB}{2}$—OB. $\frac{OB}{2}$, & comme PB =OB+OP, elle est égale à OP, différence des niveaux de l'eau multipliée par $OB + \frac{OP}{2}$, ou la hauteur moyenne des deux plans intérieur & extérieur.

Supposons maintenant que les fluides intérieur & extérieur aient eu originairement la même hauteur BO: mais que quelque cause donne une vîtesse au fluide extérieur, il s'élevera en OP, ensorte que la vîtesse qui proviendra de la hauteur OP, sera absolument égale à celle du fluide: alors il n'aura plus de vîtesse pour choquer le plan, mais une force de pression qui lui est égale, & on pourra confondre ces expressions.

Pour soutenir le plan PB dans cette position, il faut que l'appui soutienne un effort de la même quantité, ou qu'une autre force égale repousse le même plan dans une direction opposée.

46. De ces mêmes principes & de la décomposition du mouvement, on conclura les loix de l'impulsion d'un fluide, dont la vîtesse a une direction oblique à la surface. Soit le triangle PCA (*Figure 21.*) supposons que le fluide ait une vîtesse dans la direction OP: cette vîtesse, relativement à la surface, est la

même que celle du fluide qui va de p en P. faiſant Op parallele à AP, par les regles de la compoſition des mouvemens, pP ou la vîteſſe relative eſt à l'abſolue comme le ſinus total eſt au ſinus d'incidence. Cette décompoſition des efforts, qui eſt un principe général de méchanique & du mouvement, ſe retrouve avoir à chaque inſtant une application dans la Marine. La portion d'effort, tranſmis par un cordage tendu obliquement, conſidéré par rapport à une certaine direction, eſt comme l'obliquité du cordage. Plus les haubans, par exemple, ſont obliques par rapport aux mâts, moins ils les ſoutiennent latéralement.

Toutes les expériences ont montré que les fluides agiſſent comme le quarré des vîteſſes, ou comme les hauteurs des niveaux qui donnent ces vîteſſes. Tout le monde en convient; ainſi l'effort de l'eau, puiſque la vîteſſe eſt diminuée comme le ſinus d'incidence diminuera comme le quarré des ſinus d'incidence.

Il réſulte de tout ce qui a été dit juſqu'ici, qu'ayant un ſolide (*Figure 22.*) dont PDAR repréſente une tranche, tant qu'il eſt immobile, les actions ſur PD & PR, dans le ſens perpendiculaire à DR, ſont égales à celles qui s'exercent ſur AD & DR, dans le ſens AC oppoſé à PC, & perpendiculaire à DR; mais ſi le corps va chercher le fluide, & ſe meut ſelon CP, il y aura une nouvelle vîteſſe du fluide proportionnelle, comme on vient de remarquer au ſinus d'incidence. Nous la nommons *Vîteſſe d'accès*. Ce corps ne peut s'avancer vers le fluide, ſans que la partie poſtérieure ne ſe ſouſtraye à ſon action; nous nommerons la quantité dont la partie poſtérieure évite le fluide, *Vîteſſe de fuite*, qui eſt pareillement comme le ſinus d'incidence.

M. Bouguer a paru, dans le chapitre du Traité du Navire qui traite de la poupe, reconnoître les mêmes principes; mais il n'en a pas tiré tout le parti qu'il eût pu, & c'eſt la cauſe de l'imperfection, où il a laiſſé pluſieurs parties de la théorie des Vaiſſeaux qui en dépendent. Comme c'eſt la baſe des mouvemens des fluides, on croit devoir y inſiſter, & montrer que les mêmes principes ont lieu pour la partie poſtérieure de la carene, que pour la partie antérieure. Dans le cas de l'immo-

bilité, perſonne n'en doute ; le corps étant en mouvement, il n'y a de différence que dans les ſignes ou directions, & les circonſtances l'indiquent.

Si le fluide MD, a une vîteſſe d'accès MI, la partie DN ne fuit le côté DA, que de la quantité LN : cette vîteſſe de fuite eſt une diminution de la vîteſſe avec laquelle le fluide ſuit la tranche DA.

C'eſt une choſe indifférente qu'un corps ſoit pouſſé avec une plus grande force, ou ſoutenu par un moindre effort ; car on n'a jamais à conſidérer que la différence d'effort ; ſi par exemple le ſolide, dont PDR eſt une tranche, eſt pouſſé dans le ſens PC par un effort de 100 livres, & repouſſé par un effort égal, il n'y a pas d'action ; s'il étoit pouſſé par un effort de 100 ou 150 livres, & repouſſé avec une force de 50 ou 100 livres, l'effort ſeroit de 50 livres.

On voit par-là que l'effort total ſur le fluide eſt compoſé de l'effort réſultant de la vîteſſe d'accès du fluide, & du moindre ſoutien provenant de la vîteſſe de fuite. Si les ſurfaces antérieures & poſtérieures ſont ſemblables, on peut ne conſidérer que la ſurface antérieure ; ainſi qu'on a fait juſqu'ici pour chercher l'impulſion directe ; mais ſi elles ſont différentes, il faut chercher les efforts réſultans pour la proue & la poupe, & en prendre la moitié : car des expériences ont montré quelle eſt l'action de l'eau ayant une vîteſſe déterminée ſur un plan d'un pied quarré expoſé directement à l'action du fluide. Si on calculoit l'excès d'action de l'eau, & le défaut de ſon ſoutien, chacune de ces ſurfaces auroit la moitié de l'action totale. Il faut toujours retrouver l'effort donné par l'expérience. C'eſt toujours l'action ſur le même pied, mais dont on attribue la moitié au défaut de ſoutien, & l'autre moitié à l'excès d'impulſion.

Quelque puiſſe être l'action des fluides, ſoit celle du ſinus d'incidence ou de ſon quarré, ou telle autre que l'on ſuppoſe, la même loi aura lieu pour l'avant & l'arriere ; parce que la décompoſition des mouvemens eſt une loi générale & reconnue de la méchanique, & que c'eſt le ſeul principe que l'on ſuit dans cette théorie.

47. Les principes d'hydroſtatique paroiſſent donc établir (N° 46.) que l'action de l'eau ſuit la raiſon des quarrés des ſinus d'incidence ; on y oppoſe des expériences faites par une perſonne très-éclairée (M. de Borda) : expériences d'ailleurs très-fidellement rapportées.

Il eſt inconteſtable que l'expérience doit l'emporter ſur les conſéquences tirées d'une théorie ſouvent imparfaite, dans laquelle il eſt facile d'avoir négligé des conſidérations eſſentielles ; mais auſſi on a pu négliger quelque conſidération dans les expériences. Dans celles de M. de Borda (Mémoires Académie Royale des Sciences, année 1763) on trouve qu'un cube que l'on fait aller par l'angle, diminue inſenſiblement la réſiſtance abſolue, & de $\frac{1}{16}$ ſeulement ; elle diminue moins que la raiſon du ſinus d'incidence. En tireroit-on la conſéquence, que les diverſes formes des corps influent très-peu ſur la réſiſtance ? Ce n'eſt donc qu'après un examen très-attentif que je les ai cru inſuffiſantes, pour déterminer la loi qu'elles ſuivent. Il ſera cependant à propos que ceux qui voudront s'inſtruire particuliérement de cet objet, voient le Mémoire ci-deſſus cité, & celui de M. de Borda, année 1767.

A ces expériences je vais en oppoſer quelques autres. J'ai remarqué bien des fois que des Navires qui diminuent la réſiſtance comme 1 eſt à 10, & où elle eſt $\frac{1}{32}$ environ du quarré de la demi-largeur, conſervent les flottes où il y a toujours de mauvais voiliers, avec les huniers ſur le ton, quelquefois cargués, quand elles ont vent arriere. L'étendue de leurs voiles eſt environ $\frac{1}{9}$ de celle des autres Navires, & cette étendue eſt la meſure la plus exacte du rapport de leur réſiſtance. La plus grande étendue proportionnelle des maîtres gabarits des autres Navires, & une ſimple diminution de réſiſtance dans la raiſon des ſinus d'incidence, ne pouvoit faire une ſi grande différence : on trouveroit ſeulement le rapport de 1 à 2 environ.

Perſonne ne rend plus de juſtice que moi à M. de Borda, ne cherchant que le vrai, ſans aucun ſyſtême particulier, ſes expériences ſont certaines & font voir le vrai génie d'obſervation. Mais je crois que le point de traction doit être conſidéré ; car ce point ne peut être une choſe indifférente. Un axiome qu'il

eſt important de ſe rappeller, c'eſt que les mêmes cauſes produiſent les mêmes effets, & que ſi l'effet eſt différent, il faut chercher une cauſe différente. Les fonds étant les mêmes, variant le point velique, il réſulte des différences de marche: donc ce point doit être conſidéré, le point velique reſtant le même & variant la différence de tirant d'eau, il en réſulte dans des différences de marche : donc il faut auſſi conſidérer les fonds.

Ces raiſons jointes à quelques expériences particulieres, mais peu préciſes, me font encore admettre la loi du quarré du ſinus d'incidence, pour repréſenter les impulſions de l'eau; cependant, pour rendre le Traité complet, je n'ai pas négligé l'hypothèſe où elles ſuivent la raiſon ſimple de ces ſinus.

II.

Des réſiſtances directes.

48. On a vu ci-deſſus que la réſiſtance (*Fig. 21.*) qu'éprouve la ligne AC, eſt diminuée comme le quarré du ſinus d'incidence : quarré du ſinus total ou comme ($AC^2 : AP^2$), ce qu'il eſt très-facile de calculer par la méthode de M. Bouguer, qui conſiſte à tirer du point C, la perpendiculaire CD, ſur l'hypotheſe AP : puis du point D, une autre perpendiculaire DE ſur la ligne CP : on multiplie enſuite la ligne AC par la ligne CE, qui eſt le quarré du ſinus d'incidence, & c'eſt l'impulſion réelle, ou par la ligne IK pour repréſenter l'impulſion abſolue; car la ligne CE : CP : : le quarré du ſinus d'incidence : au ſinus total. Ce qui ſe démontre d'une façon élémentaire, car AC : AP : : CD : EC ou $AC^2 : AP^2 :: CD^2 : EC^2$, & $DC^2 = CP$. CE donc $AC^2 : AP^2 :: CP : CE$. On peut porter ces lignes ſur celle des plans du compas de proportion, c'eſt la maniere la plus courte.

Une demi-proue PDBA (*Figure 23.*) ſuppoſée compoſée des droites PD, DB, BA. s'avançant ſelon l'axe CP, la partie PD recouvre DE, la partie DB recouvre BF, & la partie AB recouvre AG : leur ſomme eſt AC, on les calculera toutes en cette ſorte portant DE qui eſt de 20. 5 parties égales ſur la

ligne des plans de 10 à 10, DP ira de 14 à 14, ce qui montre que la réſiſtance ſur cette partie diminue comme 10 : 14 de même pour BF & AG : on donne cette forme à ce calcul:

DE = 20. 5	de 10 à 10	DP va	de 14 à 14	réſiſt.	14. 60
BF = 8	de 10 à 10	BD	de 35 à 35		2. 25
AG = 6	de 1 à 1	AB	de 11 à 15		0. 40
réſiſt. abſ. 34 5			réſiſtance relative		17. 25

Cette méthode eſt une approximation, puiſqu'on réduit la ſurface courbe à des lignes droites.

49. S'il s'agiſſoit de courbes géométriques, on pourroit trouver la réſiſtance d'une façon géométrique. Si l'on propoſoit de connoître celle qui prouve le demi-cercle ABD (*Fig.* 24.) l'on en prend une partie EI, compriſes entre les ordonnées EM & Im, cet arc de cercle couvre la partie Ee : la réſiſtance eſt comme le quarré du ſinus d'incidence, mais par la propriété du cercle, ſi on tire le rayon EC, le ſinus d'incidence Ee : petit arc du cercle EI ſinus total : : l'ordonnée Em : au rayon CE ; ainſi à chaque point la réſiſtance relative qui ſuit le rapport du quarré du ſinus d'incidence, au ſinus total, eſt dans la raiſon du cercle qui a EM pour rayon, au cercle qui a CE pour rayon. Ainſi la réſiſtance directe eſt à la relative comme le cylindre qui a pour baſe le grand cercle de la ſphere, & pour hauteur le rayon, eſt à l'hémiſphere ou : : 2 : 3 ; on trouveroit par les mêmes raiſonnemens que dans l'hypotheſe des ſinus, la réſiſtance relative eſt à l'abſolue : : l'ordonnée : au rayon ou comme le cercle : quarré du rayon, mais la forme méchanique des courbes qui compoſent le Vaiſſeau, oblige de ſuivre les méthodes d'approximation indiqués ci-deſſus.

Il eſt aiſé de trouver les impulſions latérales (Voyez les Figures 21 & 23.) car à cauſe de la décompoſition des mouvemens, l'impulſion directe eſt à la latérale comme AC : CP ; ainſi l'impulſion directe eſt AC. $\frac{AC^2}{AP^2}$ & la latérale eſt CP $\frac{AC^2}{AP^2}$, & ſuppoſant que ce même triangle ſoit ſitué verticalement, enſorte que la ligne AC ſoit verticale, la même décompoſition du

mouvement, fera que l'impulsion directe sera AC : $\frac{AC^2}{CP^2}$ & la verticale CP. $\frac{AC^2}{AP^2}$; effectivement il n'y a de différence que dans la position du triangle, mais c'est toujours la même obliquité.

50. Nous allons examiner maintenant ce qui arrive quand le fluide a une direction oblique; on sait que si on a deux angles exprimés par A & B, le sinus de (A+B) = sin. A. cos. B + cos. A. sin. B & que le sinus de (A—B) = sin. A. cos. B —cos. A. sin. B; comme cette démonstration ne se trouve pas dans tous les élémens, nous la rappellerons ici. On en trouvera une autre, Géométrie de M. Besout, N° 284.

Soit l'angle ACP = PCB (*Figure 25.*) l'angle désigné par A; si on tire le rayon CR, faisant avec CP l'angle PCR, désigné par P dans la formule, l'angle BCR est l'angle A+B, ou la somme de ces angles : l'angle ACR qui en est la différence est A—B, RO est sinus de l'angle B, CO son cosinus, AI sinus de l'angle A ou ACP, CI son cosinus, BE est sinus de A+B & AV est sinus de A—B.

On a l'analogie suivante CO ou cos. B : RO ou sin. B :: CI ou cos. A : HI = $\frac{\text{sin. B . cos. A}}{\text{cos. B}}$, à cause des triangles semblables RCO & HCI, BH=BI+IH= sin. A+ $\frac{\text{sin. B cos. A}}{\text{cos. B}}$, ou $\frac{\text{sin. A cos. B+sin. B cos. A}}{\text{cos. B}}$ & AH ou sin.A—HI= $\frac{\text{sin. A cos. B—sin. B cos. A.}}{\text{cos. B}}$; mais les triangles RCO, HBE, HAV sont semblables, car l'angle BHE=CRO puisque les lignes RO & AB sont paralleles, de même l'angle HEB = l'angle RDC étant droits l'un & l'autre; les triangles AHV & HDE étant semblables, on a les analogies suivantes. CR : CO . : BH . BE :: AH : AV & R : cos. B :: $\frac{\text{sin. A. cos. B+sin. B. cos. A}}{\text{cos. B}}$: BE sin. A + B = $\frac{\text{sin. A. cos. B+sin. B. cos. A}}{r}$ :: $\frac{\text{sin. A. cos. B—sin. B. cos. A}}{\text{cos. B}}$: AV. sin. de A —B = $\frac{\text{sin. A. cos. B—sin. B. cos. A}}{r}$ & faisant r=1, BE =sin.A. cos.B +sin. B. cos. A & AV= sin. A. cos. B — sin. B. cos. A.

31. Ceci étant démontré, si la proue que nous supposons rectiligne, est représentée par les lignes PB, PA, faisant avec

l'axe PC un angle égal, ſuppoſons que le fluide au lieu de ſuivre la direction PC, en ait une PL oblique, la partie AP de la proue ſera frappée avec une obliquité égale à la ſomme des angles APC+CPL, & la partie PB le ſera avec une obliquité égale à la différence de ces angles; ainſi la réſiſtance ſur PA = PA. AO; le ſinus de l'obliquité pour la partie AP de la proue comme il vient d'être dit ci-deſſus = ſin. APC : cof. CPL +ſin. CPL. cof. APC, & celui de l'obliquité pour la partie BP eſt ſin. APC. cof. CPL — ſin. CPL. cof. APC, & nommant pour abréger ſin. CPA, ou CA, ou ſon égal CB y, ſon cof. CP x, le ſinus de l'obliquité du fluide ou de l'angle CPL, m : ſon cof. n. La réſiſtance directe pour la partie la plus expoſée à l'impulſion eſt $y\,(yn+xm)^2$ & pour la partie la moins expoſée, ou CB elle eſt $y\,(yn-xm)^2$, ainſi la ſomme des produits ou la réſiſtance ſur les deux côtés à la fois eſt $2y\,(y^2n^2+x^2m^2)$ ou à cauſe de $x^2=r^2-y^2$ elle eſt $2y\,(r^2m^2-m^2y^2+n^2y^2)$ ou à cauſe de $r=1$ on a $2\,(m^2y+n^2-m^2)\,\frac{y^2}{x^2+y^2}$ puiſque $r^2=\overline{x^2+y^2}$ comme cette expreſſion eſt la même pourvu que les deux côtés PA, PB ſoient également inclinés ſur l'axe, & que la ligne BL tombe en dedans de CPD, la grandeur de y ne change rien à la ſolution & le triangle peut être infiniment petit ou fini. On eſt convenu en France de déſigner la circonſtance particuliere où les côtés ſont infiniment petits par la caractériſtique d, ainſi l'expreſſion quand on conſidere deux triangles élémentaires ou infiniment petits, eſt $2m^2dy+(n^2-m^2)\,\frac{dy^2}{dx^2+dy^2}$ & la réſiſtance pour une courbe entiere ſeroit $2\int(m^2dy+(n^2-m^2)\,\frac{dy^2}{dx^2+dy^2}=2m^2y+(n^2-m^2)\,\frac{\int dy^2}{dx^2+dy^2}$; expreſſion qui eſt la même que celle de M. Bouguer, à la réſerve qu'on a ſubſtitué le rapport des ſinus, coſinus & rayon, à celui des tangentes, rayon & ſecantes.

En examinant l'expreſſion $2\,(m^2y+(n^2-m^2)\,\frac{\int dy^2}{dx^2+dy^2}$ on voit que ſi l'obliquité du fluide eſt nulle, ou s'il ſe meut parallelement à l'axe, m étant $=0$ & $n=r$, elle ſe réduit à

$2\frac{\int dy^3}{dx^2+dy^2}$, pour un triangle fini. ſeul $\frac{y^3}{x^2+y^2}$, ou $\frac{CA^3}{PA^2}$, ce que l'on ſavoit déja.

Si l'obliquité eſt de 45^d, les ſinus & coſinus m & n ſont égaux, & $n^2 - m^2 = 0$. dont tout ſe réduit au premier terme $2m^2y$, & comme $2m^2$ ou le double du quarré du ſinus de 45^d = le quarré du rayon, la réſiſtance eſt y, ou la moitié de la réſiſtance directe qui eſt $2y$, & cela quelque puiſſe être la longueur de CP.

Cette même expreſſion $2(m^2y+(n^2-m^2)\frac{\int dy^3}{dx^2+dy^2})$ à cauſe de $r^2 = n^2 + m^2$, devient $2m^2y+2(r^2-2m^2)\frac{\int dy^3}{dx^2+dy^2}$ & la réſiſtance pour la route directe $2r^2\frac{\int dy^3}{dx^2+dy^2}$ étant retranchée, le reſte $2m^2(y-2\frac{\int dy^3}{dx^2+dy^2})$ eſt l'augmentation de réſiſtance cauſée par l'obliquité de la route, qui eſt proportionnelle a m^2, ou au quarré du ſinus de l'obliquité, & il en réſulte que ſi on connoît l'augmentation de réſiſtance pour une route, on la connoît pour toutes les autres.

Cette même expreſſion, qui, quand on conſidere un triangle ſeul, eſt $2m^2(y-2y^3)$ fait voir que la réſiſtance n'augmente avec l'obliquité, que quand cette quantité eſt poſitive; ainſi $y-2y^3$ ou $1-2y^2$ doit être poſitif & 1 ou r^2, doit être plus grand que $2y^2$: par conſéquent ſi l'angle CPB ou CPA eſt moindre que 45^d; la réſiſtance augmente avec l'obliquité de la route, & s'il excéde 45^d la quantité devenant négative, la réſiſtance diminue par l'augmentation d'obliquité.

Cette théorie eſt abſolument fondée ſur la conſidération des triangles finis & ſur une géométrie élémentaire, & par-tout où on trouve la caractériſtique d qui montre qu'on conſidere des parties dy ou dx infiniment petites, on peut ſubſtituer des parties finies dont l'aſſemblage forme la baſe, ou la longueur de la proue.

52. Dans le même triangle, ſi l'angle CPI eſt plus grand que l'angle CPB, AO eſt toujours le ſinus de l'angle ACP + CPI, la ligne BI qui eſt en dehors de BC repréſente la différence des angles, & cette quantité eſt une vîteſſe de fuite,

ou la vîteſſe avec laquelle le côté PB eſt ſoutenu dans l'état d'équilibre, eſt moindre de cette même quantité, l'impulſion directe provenante de l'action du fluide ſur PA, eſt toujours $y.\frac{(yn+xm)^2}{y^2+x^2}$, mais l'action ſur PB au plutôt le défaut d'impulſion ſur cette partie eſt $y.\frac{(yn-ym)^2}{y^2+x^2}$; & comme le défaut d'impulſion dans un ſens eſt la même choſe que l'excès d'impulſion dans le ſens oppoſé, on doit changer les ſignes. L'action totale ſera donc $\frac{4mnxy^2}{x^2+y^2}=4mn\frac{(x-x^3)}{x^2+y^2}$ & (*par le N° 46.*) on doit prendre la moitié de cette quantité.

On voit que quelque ſoit la forme de la proue, ou les angles CPA, CPB, la réſiſtance augmente juſqu'à ce que l'obliquité ſoit de 45 d; car la réſiſtance ne varie qu'à proportion du rectangle mn, & l'on ſait que le plus grand rectangle formé par le ſinus & le coſinus eſt celui où ils ont 45 d, alors la réſiſtance devient $\frac{2xy^2}{x^2+y^2}$, ou elle eſt à la réſiſtance directe comme x eſt à y ou : : CP : CA.

Ce ſecond cas n'a pas été examiné par M, Bouguer, ni par les autres Auteurs; il eſt cependant très-étendu, car les courbes qui entrent dans la conſtruction du Vaiſſeau, deviennent paralleles à l'axe en approchant du milieu; ainſi cette pattie s'y trouve compriſe pour peu qu'il y ait d'obliquité, & elle s'étend plus ou moins vers les extrêmités ſelon la quantité de la dérive & la forme du Navire. En général, lorſque la dérive eſt de 45 d, toute la carene des Frégates ſe trouve compriſe ſous cette ſolution. Quand la dérive eſt très-foible comme de 2 à 3 d, on peut s'en tenir à la ſolution relative au premier cas. Il eſt eſſentiel de bien méditer ce deuxieme cas, parce qu'il eſt lié à la théorie de la poupe & qu'il en eſt la baſe.

Lorſque l'obliquité eſt égale à l'angle CPA, les deux expreſſions, ſavoir $\frac{4xmny^2}{x^2+y^2}$ & $2m^2y+2(n^2-m^2)\frac{y^3}{x^2+y^2}$ ſont les mêmes, car alors $m=y$ & $n=x$ elles deviennent donc $\frac{4x^2y^2}{x^2+y^2}$ & $2y^3+\frac{2x^2y^3-2y^5}{x^2+y^2}$ ou $\frac{4x^2y^3+2y^5-2y^5}{x^2+y^2}$ qui ſont abſolument les mêmes.

III.

De l'Impulsion latérale.

97. Il faut faire attention que dans le premier cas, l'impulsion latérale provenante du choc de l'eau sur le côté PA (même figure) a une direction dans le sens ACB, & celle qui a lieu sur le côté PB, a une direction dans le sens BCA; opposé à ACB; ainsi elles doivent être soustraites l'une de l'autre; & comme PB ou PA étant la résistance totale, CP est la latérale, elle est CP. $\frac{AO^2-BL^2}{PA^2}$, qui en désignant les mêmes lignes par les mêmes lettres devient $x\left(\frac{(yn+xm)^2-(yn+xm)^2}{x^2+y^2}\right)$ & à cause de de PA^2 ou $r^2=x^2+y^2=1$, on a $4\,mnx^2y$ ou $4\,mn\,(y-y^3)$; expression conforme à celle de M. Bouguer.

Dans le second cas, BI est la vîtesse de fuite, il y a un défaut d'impulsion sur le côté PB, & l'effort opposé est plus considérable; ainsi la résistance latérale est $x\,(yn+ym)^2+(xm-yn)^2$ ou $2x\left(n^2+(m^2-n^2)\,\frac{x^2}{x^2+y^2}\right)$.

On a vu (*N° 46*), que les résistances pour chaque surface doivent être la moitié de celle qu'on trouve quand on se contente d'en calculer une seule.

Il est à propos de comparer ce résultat avec celui que donnent les théories ordinaires; quand le Vaisseau va latéralement selon ces théories, la résistance latérale, qui est toujours $4\,nmx^2y$, devient nulle, parce qu'alors $n=0$; ce qui ne peut être. Je trouve qu'elle est $\frac{x^3}{x^2+y^2}$ ou $\frac{CP^3}{PA^2}$, ce qui est évident il n'y a nulle différence entre cette espece de résistance & celle d'un Vaisseau qui ayant pour largeur la ligne CP, iroit directement dans le sens CA, & ce n'est qu'une maniere différente d'envisager le même effet.

IV.

Remarques générales.

54. Il étoit néceſſaire de conſidérer d'abord des lignes courbes, ou, ce qui eſt la même choſe, des corps dont toutes les tranches horizontales ſont des coupes égales; il faut maintenant ramener cette théorie à l'examen des ſurfaces courbes; dans leſquelles les diverſes tranches ſont inégales. De cette diſpoſition, il réſulte une inclinaiſon dans le ſens vertical & une nouvelle décompoſition; ainſi (dans la *Figure 26.*) ou ABD eſt une coupe verticale, AP la longueur de la proue, & APB une portion de ligne d'eau, le ſinus d'incidence n'eſt pas la ligne AB, mais la perpendiculaire a la ſurface que je nommerai Y; pour éviter de la confondre avec AB, ligne horizontale qui a été nommée y : effectivement ce ſinus Y, eſt la vîteſſe d'accès du fluide; ainſi la réſiſtance à cauſe de cette decompoſition diminue comme Y^2 à y^2. La réſiſtance verticale ſuit les mêmes formules que la réſiſtance directe.

S'il s'agit de ſurfaces dont les coupes ſont inégales à cauſe de la nouvelle décompoſition qui ſe fait dans le ſens vertical, la perpendiculaire à la ſurface verticale eſt toujours Y; mais l'impulſion abſolue ſur la ſurface totale eſt déterminée par ſon inclinaiſon, la largeur à conſidérer, eſt la perpendiculaire à PB, ou diminue :: $r : x$, on nommera c la ligne AD qui reſte la même; & eſt le ſinus d'inclinaiſon, alors le ſinus total eſt $V\left(cc\frac{+y^2}{rr}\frac{x^2}{}\right)$ & les réſiſtances diminuent :: $c^2\ r^2 : c^2 r^2 + y^2\ x^2$ ou :: $x^2 + y^2 : x^2 + y^2 \frac{y^2 x^2}{c^2}$ & comme il eſt facile de trouver une quatrieme proportionnelle à c, x & y, ſi on la nomme z l'expreſſion devient $2\,A\left(\frac{x^2+y}{x^2+y^2+z^2}m^2 + (n^2 - m^2)\frac{Y^2}{x^2+Y^2}\right)$. Il en eſt de même des autres cas & des impulſions, ainſi la 2e expreſſion qui eſt $4\,mnxy^2$ devient $4\,A\,mnxy\frac{x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2}$.

Pour l'impulsion latérale, si B est le triangle élémentaire fini, la formule du premier cas $4\ mnx^2y$ devient $4\ B\ mn\ xy\ \frac{x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2}$.

Celle du deuxieme cas devient $2\ B\left(\frac{x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2}n^2+(m^2-n^2)\ \frac{X^2.Y^2}{X^2+y^2.y^2}\right)$.

Pour les résistances verticales ; ce sont les mêmes expressions que pour la résistance directe ; il n'y a de différence que celle des triangles élémentaires que l'on nommera ici C.

V.

Calcul des résistances.

55. La méthode ordinaire de calculer les résistances des carenes pour toutes les situations, étant extrêmement longue, j'ai tâché de l'abréger. Ce n'est que par une comparaison fréquente de l'expérience & des résultats donnés par la théorie, qu'on peut en reconnoître la conformité, & il seroit à craindre que des opérations très longues & très-ennuyeuses ne fussent presque jamais entreprises.

On divisera la surface de la proue par plusieurs plans verticaux & horizontaux, à égale distance les uns des autres ; les plans verticaux sont représentés par ABCDEFG (*Figure 27.*) & les plans horizontaux, par 11. 22. 33. 44. La surface du maître gabarit se trouve ainsi partagée en divers trapezes, qu'on divise en deux triangles, par des plans qui vont d'une intersection à l'autre. Cette préparation, qui est la même que celle de M. Bouguer, étant faite, on trouve aisément le sinus d'incidence. Proposons-nous le triangle dont DEM est la projection; on abaisse de son sommet E, la perpendiculaire EO, sur la base DM, sensiblement droite & prolongée, s'il est nécessaire, on forme ensuite un triangle EOV, dont le côté EO est la longueur de la perpendiculaire, le côté EV est la distance des couples D & E ; prises sur le plan de longueur, l'angle OVE est le sinus d'incidence de l'eau sur cette partie, & la ligne OV est le sinus total ; la résistance qu'éprouve le triangle de pro-

jection DEM eſt diminuée dans le rapport de EO^2 à OV^2; il en eſt de même du triangle ELM ; &c. au reſte l'opération graphique par laquelle on décrit ce triangle EOV eſt abſolument inutile ; & on n'en parle ici que pour expliquer la méthode ordinaire de calculer.

La réſiſtance abſolue qu'éprouve le triangle DEM eſt égale à ſa ſurface, & il eſt inutile de la multiplier par la diſtance d'une coupe à l'autre. Pour avoir la ſurface des triangles, il eſt commode de prendre l'excédent des largeurs des différentes coupes, & de ſuppoſer la diſtance des lignes d'eau de 20 parties égales, pour qu'en multipliant les baſes ou excédens des largeurs par la moitié de leur hauteur, il n'y ait qu'un 0 à ajouter, & que la ſurface du triangle ſoit multipliée par un nombre ſuffiſant de parties : on évite par-là les multiplications en pieds, pouces & lignes, leſquelles ſont toujours incommodes.

La ſuppoſition d'un nombre à volonté pour exprimer les diſtances des lignes d'eau, n'altere pas le rapport des impulſions abſolues & relatives. On prend enſuite avec un compas qui reſte fixe, la diſtance d'un coupe à l'autre, & avec un autre compas la longueur de la perpendiculaire E O ; qu'on porte ſur la ligne des plans du compas de proportion de 10 à 10, de 1 à 1, ou ſur quelqu'autre nombre par lequel la multiplication ſoit facile. Le compas de proportion reſtant ainſi ouvert, le compas fixe ſera porté ſur cette même ligne des plans, d'un nombre à l'autre correſpondant. Je ſuppoſe que la perpendiculaire EO, allant de 10 à 10, l'ouverture du compas fixe aille de 52 à 52, ce qui, par la conſtruction de la ligne des plans, montre le rapport du quarré de la perpendiculaire, & celui de la diſtance des couples ; le quarré du ſinus total, qui eſt égal à la ſomme des deux autres, eſt 62 ; ainſi on multiplie la ſurface par 10 & on la diviſe par 62, le quotient eſt l'impulſion relative. Si le ſinus d'incidence étoit aſſez petit pour qu'étant porté de 1 à 1, l'ouverture du compas fixe excédât celle de l'extrêmité de la ligne des plans, il faudroit le doubler ou le tripler ; alors on quadrupleroit, ou on multiplieroit par 9, le nombre ſur lequel tombe le compas fixe.

Le compas de proportion ſeroit plus commode pour cette

opération, ſi prolongeant la ligne des plans vers le centre, on y marquoit les points de $\frac{1}{5}$ & $\frac{1}{10}$, ce qu'il eſt très-facile de faire exécuter; alors on multiplieroit par 5, ou par 10, le nombre ſur lequel tombe le compas fixe.

Il ne reſte plus que cette analogie à faire : la demi-largeur en parties égales multipliée par la hauteur du tirant d'eau au milieu, auſſi meſurée en parties égales : la demi-largeur en pieds & pouces multipliée par le même tiraut d'eau en pieds & pouces :: la ſomme des réſiſtances relatives : plan réſiſtant; à la vérité, il ſemble que l'on n'ait qu'une moitié du plan réſiſtant, puiſqu'on n'a meſuré qu'une moitié, mais auſſi (*par le No. 46*) il ne faut prendre que la moitié des réſiſtances ordinaires, quand on calcule les deux ſurfaces antérieures & poſtérieures, comme eſt utile de le faire.

Ce que je nomme le compas fixe ſert pour toutes les diſtances de couples égales ; lorſqu'elles ſont inégales, comme il arrive vers les extrêmités, il faut en prendre à chaque fois les diſtances.

Les rapports ainſi trouvés ſont employés pour toutes les autres réſiſtances latérales ou verticales. Les triangles latéraux ſe prennent ſur le plan de longueur & ſont égaux, à la réſerve de ceux des extrêmités.

Les triangles de projection pour la réſiſtance verticale ſe prennent ſur le plan des lignes d'eau, & quand les diſtances des couples entr'elles, ainſi que les diſtances des lignes d'eau ſont égales; connoiſſant la réſiſtance directe, une ſeule analogie ſuffit pour connoître la verticale. La diſtance des lignes d'eau : intervalle des coupes :: réſiſtance relative directe : réſiſtance verticale. Pour la partie compriſe entre le dernier couple & l'étrave, il faut la traiter ſéparément, à cauſe de la diverſité des longueurs des triangles de cette partie.

Dans les routes directes, il n'y a pas d'impulſion latérale réſultante, parce que celles d'un côté détruiſent celles de l'autre; il faut maintenant montrer à calculer les routes obliques.

56. L'augmentation des réſiſtances directes, lorſque les routes ſont obliques, eſt (*par le N 51.*) $2\,m^2\,dy - 2\int \frac{dy^3}{dx^2+dy^2}$. Lorſque

cette formule eſt appliquée aux ſurfaces élémentaires, elle eſt $f 2 m^2 A \left(\frac{x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2} - 2\frac{Y^2}{x^2+Y^2}\right)$: la deuxieme partie de la formule eſt double de l'impulſion directe, la premiere partie eſt la ſurface des triangles, dimimuée dans le rapport des quarrés des lignes x & y, & des lignes x, y & z : on fera donc une ſomme des valeurs de ces triangles ainſi diminués, & on en retranchera le double de l'impulſion directe : on multipliera le reſte par le quarré du ſinus de l'obliquité.

La réſiſtance latérale exprimée par $2 m n \left(y - \frac{y^3}{x^2+y^2}\right)$ ſe trouve par les mêmes réflexions; elle devient $2mn A \left(\frac{x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2} - \frac{Y^2}{x^2+y^2}\right)$: ainſi de ces triangles diminués par la double inclinaiſon, on retranche l'impulſion directe & on multiplie ce reſte par le ſimple rectangle formé par le ſinus & le coſinus de l'obliquité, pour éviter d'en prendre enſuite la moitié (*ſuivant le N°. 46.*] La réſiſtance verticale ſe calcule par les mêmes moyens que la réſiſtance directe, les ſeuls triangles de projection ſont différens.

On s'eſt attaché principalement dans cette méthode à éviter les opérations graphiques, & à ne pas l'aſtreindre à des diſtances égales, que la forme des extrêmités ne permet pas en cette partie; ce qui la rend plus générale que celle de M. Bouguer.

57. Dans les routes obliques, la formule, quand la dérive excede l'angle du côté du Vaiſſeau avec la parallele à la quille, n'eſt pas la même. Pour calculer cette partie il faut voir ſur le plan des lignes d'eau le point où l'angle de la dérive eſt tangent; à compter de ce point vers le milieu, la réſiſtance eſt égale à la ſurface des triangles élémentaires de longueur diminuée pour l'inclinaiſon, & multipliée par le quadruple du rectangle du ſinus & du coſinus de l'obliquité, ou plutôt par le double pour éviter d'en prendre enſuite la moitié [*ſelon le N. 46.*].

On trouvera à la fin de ce Traité un exemple de ces calculs, qui eſt néceſſaire pour une exacte intelligence des opérations.

Il ne reſtera plus qu'à examiner ſur quelles directions s'exercent ces diverſes impulſions; pour cela on conſidere chaque impulſion

impulsion; comme si elle étoit réunie dans le centre de gravité de son triangle de projection, & on cherche les momens par rapport à un point quelconque, conformément au grand principe de statique qu'on a exposé en traitant du centre de gravité.

CHAPITRE VIII.

Des Conoïdes de moindre réſiſtance.

I.

58. QUOIQUE la forme des conoïdes de moindre réſiſtance ne puiſſe être adaptée aux Vaiſſeaux, nous croyons ne pouvoir nous diſpenſer de les examiner. Lorſque nous reviendrons enſuite aux figures que la pratique a fixées pour divers Navires, on ſera plus à portée d'en apprécier tous les avantages.

Toutes les tranches qui forment la proue, étant ſemblables, il doit y avoir un rapport entre leurs diſtances, qui fait que la réſiſtance eſt diminuée le plus qu'il eſt poſſible.

Si, par exemple, on connoît les deux extrêmités A & B d'un ſolide que nous ſuppoſons circulaires, & dont les diametres ſont 1 & 9, pour que la réſiſtance ſoit diminuée le plus qu'il eſt poſſible, le cercle C qui a un diametre moyen 5, ne doit pas être au milieu de la diſtance, mais il doit être plus éloigné du plus grand cercle B, & la raiſon en eſt apparente. Les couronnes formées par la différence des cercles A, C & C, B ſont 24 & 56; c'eſt donc ſur cette plus grande couronne qu'il importe le plus de porter la diminution; mais il y a des limites qu'il faut découvrir. Cette queſtion étant une de celles qu'on nomme *de maximis & minimis*, il eſt à propos d'en rappeller les principes.

Ce qu'on appelle une quantité parvenue à ſon *maximum* ou à ſon *minimum*, eſt une quantité parvenue à ſon plus grand ou ſon moindre degré. De cette définition il ſuit que, tant qu'elle augmente, elle n'eſt pas parvenue à ſon *maximum*, puiſqu'un inſtant après elle eſt plus grande: il en eſt de même du *minimum*; ainſi lorſqu'une quantité eſt la plus grande ou la moindre poſſible, ſon accroiſſement ou ſa différence eſt nulle. Cette regle

eſt générale pour les quantités qui ont des limites : on peut même obſerver dans les choſes de pratique, que, quand elles ſont près du point où eſt le *maximum*, une foible variation dans la poſition n'apporte qu'un changement inſenſible dans la quantité.

C'eſt par le moyen de ces réflexions qu'on trouve le *maximum* ou le *minimum* dans les queſtions qu'on propoſe ; à la vérité la différence étant nulle pour l'un ou l'autre, il reſteroit une incertitude, ſi la conſidération du problême qu'on veut réſoudre, ne faiſoit voir lequel de ces deux cas a lieu.

59. Pour revenir maintenant à la queſtion propoſée, ſoient les couronnes A, B (*Figure 28.*) dont les aires ſuivent le rapport de 1 à *m*. Je ſuppoſe maintenant que leur diſtances ſoit IL, mais qu'on propoſe de la partager en deux parties, I l & l L, enſorte que les réſiſtances qu'éprouvent les deux couronnes priſes enſemble, ſoit la moindre poſſible. Soit I l, X, l L, x : les ſurfaces des couronnes A & B, dont la largeur eſt a, ſont a & ma, & les réſiſtances ſeront en général $ma\frac{\cdot a^{3}}{(\sqrt{a^{2}+X^{2}})^{3}}$ & $a\frac{\cdot a^{3}}{(\sqrt{a^{2}+x^{2}})^{3}}$ qui lorſqu'elles ſuivent la loi des quarrés des ſinus d'incidence, & qu'on ſuppoſe $a=1$, deviennent $\frac{m}{X^{2}+1}$ & $\frac{1}{x^{2}+1}$. Les ſeules longueurs I l & l L ſont ſuſceptibles de variation, & il faut, quand la réſiſtance eſt à ſon moindre degré, qu'une variation infiniment petite dans ces longueurs n'en change pas la quantité, ou que ſa différence ſoit nulle, elle eſt $-\frac{2mX\,dx}{(X^{2}+1)^{2}}$ $-\frac{2x\,dx}{(x^{2}+1)^{2}}$: maiscomme I l $=$ X ne peut augmenter, ſans que l L, ou x ne décroiſſe, ſi dx eſt poſitif pour X, il ſera négatif pour x, ainſi il faut en changer un des ſignes, & la différence eſt $\frac{2mX\,dx}{(X^{2}+1)^{2}}-\frac{2x\,dx}{(x^{2}+1)^{2}}=0$ & diviſant par 2 dx, on a $\frac{mX}{(X^{2}+1)^{2}}=\frac{x}{(x^{2}+1)^{2}}$, ou enfin $m\left(x^{3}+2x+\frac{1}{x}\right)=X^{3}+2X+\frac{1}{X}$; & cette derniere partie de l'équation eſt toujours proportionnelle à m, ou au rapport des aires des couronnes, & cela, ſoit qu'elles

ſoient finies, ou infiniment petites. Il eſt ſeulement à propos d'obſerver que, quand elles ſont infiniment petites, elles ſont proportionnelles aux largeurs ou ordonnées, & ſi on les nomme y, alors $m = y$ & X n'eſt autre choſe que la ſous tangente du conoïde.

60. Les largeurs étant dans le rapport de $X^3 + 2X + \frac{1}{X}$, leurs accroiſſemens ou différences ſont comme $3X^2 dX + 2dX - \frac{dX}{X^2}$; on peut donc dire y ou $\int dy : \int (3X^2 dX + 2dX - \frac{dX}{X^2})$ qui lui eſt égal :: dX ou X ſous tangente, a un quatrieme terme qui lui ſera pareillement égal. C'eſt $\int (3X^3 dX + 2XdX - \frac{dX}{X})$ qui eſt la ſomme des dX, mais ſous une autre expreſſion ; elle eſt $\frac{1}{4}X^4 + X^2 - LX - A$. Ce dernier terme eſt une conſtante qu'il faut déterminer. Pour cela il faut voir ſi le conoïde a quelque largeur au ſommet, & quel eſt l'angle de l'ordonnée avec la ſous tangente.

Soit (*Figure 29.*) AB que je nomme b, le diametre de la baſe d'un cône, ou le côté de la baſe d'une pyramide. La ſurface ſera proportionnelle à b^2. Suppoſons maintenant que la hauteur de cette pyramide tronquée CH ſoit fort petite, & qu'elle ſoit exprimée par a; que b décroiſſe d'une quantité y ou AL, qui peut être plus ou moins grande, pourvu que le total des réſiſtances ſur les ſurfaces qui recouvrent AB, ſoit un *minimum*. La réſiſtance ſera $b^2 - \frac{2ba^2y + a^2y^2}{a^2 + y^2}$ qui quand a eſt infiniment petit par rapport à b, devient $b^2 - \frac{2ba^2y}{a^2+y^2}$ qui doit être un *minimum* ou $a^2\,dy + y^2\,dy$ doit égaler $2y^2\,dy$ ou $y = a$, ainſi l'angle au ſommet eſt 45^d. Ce réſultat eſt le même que celui de Newton (*L. iv. 11. prin. ſch. prop. 34*) où il examine les cônes tronqués de moindre réſiſtance; lorſque la hauteur eſt infiniment petite, la longueur de la ſous tangente eſt égale à l'ordonnée, & un tel cône tronqué ſe confond avec le conoïde d'une hauteur infiniment petite. Au ſommet de la courbe $\frac{dX}{dy}$ ou $\frac{X}{y} = 1$ & la quantité $\frac{1}{4}X^4 + X^2 - LX - A$,

ou $\frac{1}{4} + 1 - 0 -$ A devant être égale à 0, A $= \frac{7}{4}$ & non pas $\frac{1}{12}$, comme l'a fait M. Bouguer ; ce qui rend son conoïde trop obtus au sommet, & le prolonge au delà de ce qu'il doit être ; au reste, ce n'est qu'une quantité insensible à corriger dans sa Table. La premiere ordonnée doit être celle exprimée par 400, les abcisses doivent être diminuées de 78.

On a observé que les différences étant nulles, soit que l'on cherche le *maximum* ou le *minimum*, la seule considération du problême peut le déterminer : il est certain que la courbe trouvée ne donne pas un *maximum* de résistance, car le *maximum* est lorsqu'il n'y a aucune proue ; elle est donc le *minimum*.

J'ai cru qu'il étoit utile d'entrer dans une explication de cette solution, quoique nécessairement plus compliquée que tout ce qui a été traité jusqu'ici ; parce que toutes les autres s'y rapportent, que M. Euler même n'a pas cru la solution assez déterminée. (*Scien. Nav. 698*).

61. Pour ce qui concerne les résistances qu'éprouvent les conoïdes, il est certain que les résistances absolues sont proportionnelles au quarré des largeurs ou aux surfaces : elles sont donc comme $(X^3 + 2X + \frac{1}{X})^2$ rapportées aux sous tangentes, les résistances relatives sont comme les surfaces choquées & comme le quarré du sinus d'incidence. Elles sont en général $2y\,dy\,\frac{dy^2}{dX^2+dy^2}$, ou comme $(6X^5 + 16X^3 + 12X + 9 - \frac{2}{X^3}(dX\,\frac{dy^2}{dX^2+dy^2})$ & comme $dX = \frac{X\,dy}{y}$, $\frac{dy^2}{dX^2+dy^2} = \frac{1}{X^2+1}$; la résistance pour l'élément de la surface est $(6X^5 - 16X^3 + 12X + 0 - \frac{2}{X^3})\,dX$ divisé par $X^2 + 1$. L'intégrale est $\frac{3X^4}{2} + \frac{10}{2}X^2 + 2LX + \frac{1}{X^2} +$ A constante de 8. 50 parties ; ainsi si l'on veut savoir quelle seroit la résistance relative, quand $X = 3y$. La résistance absolue est le quarré de $33\frac{1}{3}$, ou 1111 : la relative est 121. 5 + 45. 0 + 2. 2 + 0. 1 + 8. 5 ou 188, elles sont à peu près :: 6 : 1 ou :: $\frac{2X^2}{3} + \frac{4}{9}\frac{28}{27X^2}$.

Il ne reste plus qu'à donner quelques dimensions du conoïde :

la premiere colonne exprime le rapport de la ſous tangente à l'ordonnée, la deuxieme la longueur de l'abaiſſe, la troiſieme celle de l'ordonnée pour divers points du conoïde.

SOUS TANGENTES	ABCISSES.	ORDONNÉES.	SOUS TANGENTES.	ABCISSES.	ORDONNÉES.
1. 0.	00	4. 00	4. 0	204. 87	72. 25
1. 5	3. 90	7. 04	4. 5	324. 63	100. 34
2. 0	14. 56	12. 50	5. 0	490. 40	135. 20
2. 5	32. 88	21, 02	5. 5	713. 08	177. 55
3. 0	66. 91	33. 33	6. 0	1004. 46	228. 17
3. 5	121. 80	50. 15	6. 5	1377. 42	287. 77

II.

Conoïdes de moindre réſiſtance, l'impulſion étant en raiſon des ſinus d'incidence.

62. On doit à l'incertitude qui regne encore ſur la véritable loi des impulſions du fluide, d'examiner l'hypotheſe où les fluides agiſſent en raiſon des ſinus d'incidence. Cet examen ne ſera pas ſans utilité, car où les deux hypotheſes donneront des figures très-différentes, & ce ſera un moyen de plus de reconnoître la loi réelle par le moyen de quelques obſervations, où elles donneront des conoïdes peu différens; alors on retirera la même utilité en employant l'une ou l'autre de ces figures.

Pour trouver les rapports des ordonnées & dimenſions du conoïde, la réſiſtance $m\,a\,\frac{\cdot\,a^r}{\sqrt{(a^2+X^2)^r}} + a\,\frac{\cdot\,a^r}{\sqrt{(a^2+x^2)^r}}$ qui eſt l'expreſſion générale trouvée (*N° 60.*), faiſant a & $r=1$, puiſque la réſiſtance ſuit la raiſon ſimple des ſinus, devient $\frac{m}{\sqrt{(X^2+1)}}$ & $\frac{1}{\sqrt{(x^2+1)}}$ dont la différence doit être égale à 0 ou $\frac{m\,X}{(X^2+1)^{\frac{1}{2}}}$, $= \frac{x}{(x^2+1)^{\frac{1}{2}}}$ & $X^4+3\,X^2+3+\frac{1}{X^2}$ eſt proportionnel à m^2 ou au quarré de l'ordonnée y eſt à peu près $X^2+\frac{1}{2}+\frac{3}{8X^2}$ — &c.

& l'abciſſe qui eſt égale $\int X\,dy$ eſt $\frac{2X^3}{3} + \frac{1}{4}X - A$ & A. =, à peu près 2.00 parties.

Pour chercher l'angle au ſommet de la courbe, la largeur y de la couronne étant infiniment petite par rapport à b (*Fig.* .) la réſiſtance totale $bb - 2by + \frac{2by^2}{\sqrt{(a^2+y^2)}}$ doit être un *minimum* ou la différence de $-y + \frac{y^2}{\sqrt{a^2+y^2}}$ doit être un *minimum* ou $2a^2y + y^3 = (a^2+y^2)^{\frac{3}{2}}$ & $y - (\sqrt{\frac{1}{4}} - \frac{1}{2})^{\frac{1}{2}} a = 0.786$ ſi on fait $a = 1$ & ſi $y = 1$, $a = 1.272$.

Voici les dimenſions de ce conoïde.

Sous Tangentes.	Abciſſes.	Ordonnées.	Sous Tangentes.	Abciſſes.	Ordonnées.
1. 272	0. 00	3. 16	5	81. 00	26. 02
2	3. 66	5. 60	6	141. 33	37. 50
3	16. 25	10. 55	7	226. 50	50. 50
4	41. 20	17. 50	8	338. 00	65. 50

Le rapport des diminutions de réſiſtances eſt celui de $\frac{4}{3}X^3 + 4X - \frac{3}{2X} - A : X^4 + 3X^2 + 3 + \frac{1}{2X^2}$ & $A = 6$ à peu près.

Nota. Quand on veut calculer la réſiſtance d'un Vaiſſeau par les méthodes d'approximation, ſuivant cette hypotheſe, on fait les mêmes préparations (*des N°s 55 & 56*). La ſeule différence, c'eſt qu'on porte les perpendiculaires (*Figure 25.*) ſur la ligne des parties égales du compas de proportion. Il faut abſolument prendre les hypothénuſes par une meſure actuelle.

III.

Conoïde de la plus grande vîteſſe.

63. On ne cherchera les conoïdes de la plus grande vîteſſe

que dans l'hypotheſe ordinaire des réſiſtances. On ſait que la marche des Vaiſſeaux, abſtraction faite de quelques circonſtances qui ont lieu dans la pratique & que nous traiterons ci-après, eſt en raiſon non-ſeulement de la plus grande réſiſtance, mais encore de la plus grande étendue de voiles qu'on peut porter; mais la ſtabilité étant la même, on portera une plus grande ou une moindre quantité de voiles, ſelon qu'on les augmentera en hauteur ou en largeur, ſuivant la poſition du centre de la charge relativement à celui de la carene & ſelon l'obliquité des routes. Nous ſuppoſerons ici les centres de la charge & de la carene réunis, & que l'augmentation des voiles ſe fait dans le ſens de la largeur, parce que cette ſolution convient auſſi aux cas où le centre de la charge étant à la moitié de la diſtance du metacentre au centre de gravité, on augmente les voiles en hauteur.

On ſe contentera de donner les réſultats principaux.

La proue de la plus grande vîteſſe étant en raiſon directe de la plus grande ſtabilité & inverſe de la réſiſtance, eſt $\int y^3\,dx$, diviſé par $\frac{\int y\,dy^3}{dx^2+dy^2}$, & faiſant dy comparé aux $dx = 1$ elle eſt $\int y^3\,dx$ diviſé par $\int \frac{y}{(dx^2+1)}$ qui réduits ſelon la méthode (*du N 60.*) donne $y^2 = X^3 + X$, & la ſous tangente eſt à peu près $\frac{3}{5} X^{\frac{5}{2}} - X^{\frac{1}{2}}$ &c. A qui n'eſt guere que $\frac{3}{10}$, ce qui donne la Table ſuivante.

SOUS TANGENTES.	ABCISSES.	ORDONNÉES.	SOUS TANGENTES.	ABCISSES.	ORDONNÉES.
1. 468	0. 0	2. 15	6.	50	14. 90
2	1. 8	3. 17	7.	75	18. 70
3	7. 5	5. 48	8.	106	22. 80
4	17. 0	8. 25	9.	142	27. 20
5	31. 3	11. 40	10.	182	31. 70

Il eſt inutile d'entrer dans une plus grande diſcuſſion, car indépendamment de toutes les cauſes qui font varier cette ſolution, & qu'on a rapportées ci-deſſus, qui feroient même que la

la proue de la plus grande vîteſſe au plus près ne ſeroit pas celle qui conviendroit vent arriere ; comme la ſtabilité ne dépend que de la flottaiſon, la proue de la plus grande vîteſſe ne devroit différer de celle de la moindre réſiſtance que dans cette partie, & la ſolution eſt donc réellement défectueuſe : à la vérité on a été obligé de ſuppoſer que la baſe eſt la même que celle du conoïde de moindre réſiſtance, & qu'il ne s'agit que de la recouvrir par des figures ſemblables dont il faut régler les intervalles.

On a réuni dans la même Figure 30, cette proue & celles des conoïdes de moindre réſiſtance dans les deux hypotheſes principales ; on a ſuppoſé que les longueurs & largeurs des Vaiſſeaux ſuivent le rapport de 4 à 1 pour ces trois proues, & que leurs baſes eſt la même : par ce moyen il eſt plus facile de juger de la différence de forme qui réſulte de ces diverſes ſuppoſitions. Mais en général la pratique exclut ces figures, parce qu'elles ont trop peu de ſtabilité & de déplacement.

64. Nous nous propoſerons une queſtion plus applicable à la pratique, & dont on doit la premiere idée à M. Euler. Le déplacement étant une des données eſſentielles, on fera entrer cette conſidération, on ſuppoſera la forme de la maîtreſſe coupe circulaire, les longueurs, largeurs & déplacement donnés, & l'on cherchera la forme que doit avoir le Navire pour éprouver la moindre réſiſtance.

64. Pour concilier, autant qu'il eſt poſſible, les diverſes qualités des Vaiſſeaux, nous ſuppoſons ici le déplacement donné, ainſi que la longueur & la largeur ; nous ſuppoſons en outre qu'un tel Navire eſt compoſé de deux parties, celle qui eſt vers les extrêmités, qui eſt le conoïde de moindre réſiſtance, l'autre au milieu où la principale largeur ſe conſerve. Cette figure eſt avantageuſe pour la marche, ayant la moindre réſiſtance poſſible ; on trouveroit même quelques Navires qui n'en ſont pas fort différens.

Il eſt évident que les axes étant donnés, le déplacement le plus foible que puiſſe avoir le Vaiſſeau, eſt celui qui réſulte du conoïde de moindre réſiſtance ; car ſi on rendoit la proue encore plus aiguë, il n'en réſulteroit que des déſavantages : la

ſtabilité ſeroit moindre, & la réſiſtance augmenteroit; mais il arrive toujours qu'on eſt obligé de donner aux Navires, une capacité plus grande que celle du conoïde.

Tout le monde ſait, & on a vu dans le premier Chapitre que la capacité d'un corps eſt égale à celle de tous ſes élémens; ainſi la capacité d'un Vaiſſeau eſt égale à la ſomme de tous les déplacemens particuliers compris entre les diverſes coupes, ſoit verticales ou horizontales. Celle d'un Priſmē ou d'un corps compoſé de coupes ſemblables, eſt exprimée par la formule $\int yydx$; & comme on a vu (n° 59) que $y = x^3 + 2x + \frac{1}{x}$, & que $dx = 3x^3 dx + 2xdx - \frac{dx}{x}$ la ſolidité eſt $\frac{3x^{10}}{10} + \frac{14x^8}{8} + \frac{25x^6}{8} + \frac{20x^4}{4} + \frac{5x^2}{2} + Lx + \frac{1}{x^2} - 14$. Pour ſimplifier cette valeur & la rapporter à une quantité connue, on la réduira au cube de la plus grande largeur, ou $y^3 = b^3$. Cette quantité devient $b^3 \left(\frac{3x}{10} - \frac{1}{20x} - \frac{1}{30x^3} \text{ \&c.}\right)$ en ſorte que ſi x eſt 2, ou ſi la ſous tangente eſt double de l'ordonnée à la baſe, cette quantité devient $\frac{137}{240} b^3$; ſi $x = 3$; elle eſt $\frac{211\frac{1}{2}}{240}$; ſi $x = 4$, c'eſt $\frac{284}{240}$; ſi $x = 5$, c'eſt $\frac{357\frac{1}{2}}{260}$; ſi $x = 6$ on a $\frac{430\, b^3}{240}$.

65. On a calculé les ſolidités pour les cas où le rapport des longueurs aux largeurs, étant celui de 41, les maîtreſſes coupes occupent différens eſpaces, la carene étant formée en conoïde; le déplacement eſt 394 parties dont la carene en priſme occuperoit 960.

Si la premiere coupe occupe $\frac{1}{8}$ de la longueur, la ſolidité eſt 464 parties; ſi elle occupe $\frac{1}{4}$, la ſolidité eſt 539; ſi elle occupe $\frac{3}{8}$ la ſolidité eſt 613; pour une demi longueur, la ſolidité eſt 692; pour $\frac{5}{8}$, elle eſt 773; pour $\frac{3}{4}$, elle eſt 857; pour $\frac{7}{8}$, elle eſt 934; enfin ſi elle continue pendant toute la longueur, la ſolidité eſt 960.

Cette Table, comparée avec celle du conoïde de la premiere hypotheſe, ſuffit pour calculer tous les Vaiſſeaux par le moyen des parties proportionnelles. Je ſuppoſe que la longueur d'un Navire n'étant que triple de ſa largeur, on cherche quelle doit être la longueur du conoïde, pour que la ſolidité ſoit les

deux tiers du prisme formé sur la maîtresse coupe: ce prisme ayant sa longueur triple de la largeur, auroit 720 de solidité dont les deux tiers sont 480. Pour réduire ce Navire à celui de la Table, je le suppose allongé d'un tiers, & que la maîtresse largeur se conserve dans cet espace; la solidité du Navire proposé augmentera de deux cens quarante parties, & sera sept cens vingt: alors on trouve que la maîtresse largeur se conserveroit pendant $\frac{15}{24}$ de la longueur, & que le conoïde en occupe $\frac{11}{24}$. Il n'y a plus qu'une réflexion à faire pour rapporter le Navire à celui de la Table; on a supposé que la maîtresse largeur se conserve pendant un espace égal à la largeur, de plus qu'elle ne fait effectivement; on a supposé pareillement la longueur plus grande de cette même quantité; ainsi elle n'est effectivement que de dix-huit parties, au lieu de vingt-quatre, & la maîtresse largeur se conserve seulement pendant cinq parties, la longueur du conoïde reste la même.

On ne doit pas observer que tout ce qui est dit de la proue a lieu pour la poupe selon le n° 46.

J'ai principalement considéré les conoïdes ou les coupes qui diminuent vers les extrémités, tant en hauteur qu'en profondeur, parce que les Vaisseaux doivent être ainsi construits; je ne parle pas des proues du plus grand mouvement, parce que cette solution joint plusieurs causes de variété à celles qui ont lieu pour la proue de la plus grande vîtesse, & que la figure de la proue du plus grand mouvement, vent arriere, n'est pas celle qu'on trouveroit au plus près, ce qui rendroit cette solution trop vague.

Il n'a pas été possible d'éviter dans ce Chapitre d'employer une Géométrie plus qu'élémentaire; on suivra dans le reste de ce Traité la même méthode qui avoit été employée jusqu'ici.

CHAPITRE IX.

Théorie de la Mâture ou des effets de l'eau & du vent combinés enſemble.

I.

66. EN examinant les efforts de l'eau, on a appris à trouver leur centre moyen. L'impulſion directe s'exerce dans une direction perpendiculaire au maître gabarit, dans tous les Navires où les deux moitiés ſont ſemblables : s'il s'agit de routes obliques, le centre d'impulſion eſt toujours ſous le vent, parce que c'eſt le côté où s'exerce le plus grand effort. Comme on ſait que toute impulſion qui ne paſſe pas par le centre de gravité, donne un mouvement de converſion, & que le côté qui reçoit le plus grand effort, doit le plus céder à ſon action, il eſt viſible que cette impulſion tend à faire arriver le Vaiſſeau, ou le faire préſenter plus directement au courant. Son moment eſt égal au produit de la réſiſtance directe par la diſtance horizontale de ſon centre au milieu ; ceci eſt fondé ſur les principes les plus inconteſtables de la méchanique.

De même dans les routes obliques, l'impulſion latérale donne un mouvement de converſion, quand elle ne paſſe pas par le centre de gravité : ſi ſon centre eſt en arriere, l'effort eſt pour faire arriver, & par conſéquent additif à celui de l'impulſion directe ; ſi ce centre eſt en avant, ce qui, vu l'état ordinaire de la conſtruction arrive toujours, l'effort eſt pour venir au vent, & par conſéquent oppoſé à celui de l'impulſion directe. Tout ceci eſt encore inconteſtable ; M. Bouguer & les autres Auteurs ne font entrer dans les calculs que l'avant des Vaiſſeaux, d'où il réſulte que le centre des impulſions eſt beaucoup plus en avant. Je calcule l'avant & l'arriere. Dans l'incertitude où le Lecteur peut être, il eſt à propos qu'il calcule les Vaiſ-

ſeaux dans l'une & l'autre de ces hypotheſes, & qu'il compare les réſultats avec l'expérience.

Le Vaiſſeau ne peut ſuivre conſtamment la même route, ſi l'effort de l'impulſion de l'eau n'eſt détruit par un effort égal & oppoſé. Cet effort eſt celui que l'on tire de l'action latérale du vent. Suppoſons, pour donner une idée claire de cette théorie, que l'impulſion directe ſoit égale à un plan réſiſtant de trente pieds réunis à quatre pieds du milieu, ſon effort pour faire arriver eſt cent vingt: ſi l'impulſion latérale eſt en même-temps de quarante pieds, & ſe réunit à huit pieds en avant du centre de gravité, ſon effort, pour faire venir au vent, eſt trois cens vingt; ainſi l'effort total, pour venir au vent, eſt deux cens: il faut donc que le moment de l'effort latéral ſoit égal à celui-ci.

C'eſt un principe que l'action & la réaction ſont égales & oppoſées; ainſi le Vaiſſeau ayant eu trente pieds de réſiſtance directe, & quarante de latérale, les efforts du vent décompoſés en directs & latéraux, ont ſuivi le même rapport; & l'effort du vent étant quarante, pendant que les momens doivent être deux cens, le centre d'impulſion du vent, doit être à cinq pieds, en avant du centre de gravité: & alors l'effort du vent qui tend à faire arriver, eſt égal à ceux de l'eau pour faire venir au vent: c'eſt donc dans ce point qu'on a montré a calculer, que doit être le centre des impulſions du vent; &, s'il n'y avoit qu'un ſeul mât, il faudroit l'arborer dans ce centre d'impulſion: mais s'il y en a pluſieurs, il faut que les voiles, de part & d'autre, ſoient en équilibre. Il eſt eſſentiel d'obſerver que ſi ce centre dépend de la proue uniquement, les mâts ſeront en équilibre autour du même point de l'avant, quel que puiſſe être le prolongement & la figure de l'arriere. On donnera le calcul de la poſition des mâts de l'unicorne dans cette hypotheſe, on y trouvera des contradictions avec l'expérience, telles qu'il ne ſera pas poſſible de douter qu'on ne doive auſſi calculer l'arriere.

67. Quand on attribue aux Vaiſſeaux la forme qu'ils ont le plus ordinairement, le centre des impulſions dans les routes peu obliques, coupe la quille environ à $\frac{1}{20}$ de la longueur en

avant du centre de gravité : mais ce point varie conſidérablement, il n'eſt le même ni dans les différens Vaiſſeaux, ni pour les différentes vîteſſes du même Vaiſſeau, ni lorſque la différence de tirant d'eau varie. On peut même regarder comme un à-peu-près utile, que *quand le Vaiſſeau eſt plus ſur l'avant de un pied & demi par l'arrimage, le centre d'effort de l'eau ſe rapproche de l'avant d'un pied environ.*

Pourvu que les voiles ſoient en équilibre autour de ce centre d'effort, on peut mettre telle variété que l'on veut dans les combinaiſons ; c'eſt ce qu'on remarque dans les petits Navires, les uns n'ont qu'un mât, non compris le beaupré, les autres deux ou trois ; les proportions de ces mâts varient ainſi que leurs centres d'effort ; auſſi la figure des petits Navires eſt-elle plus variée que celle des grands Bâtimens.

II.

De la Figure qu'il faudroit donner aux Vaiſſeaux, pour qu'ils gouvernaſſent parfaitement bien, par le moyen des voiles.

68. Quand le Vaiſſeau ſuit une route conſtante, l'effort du vent, ſuppoſé conſtant, contrebalance l'effort de l'eau pour faire tourner la proue ; mais ſi cet effort diminue parce que le vent perd de ſa force, ou parce qu'on ſerre une partie des voiles, l'impulſion de l'eau ne diminuera pas dans le même rapport, au même inſtant ; ainſi l'effort du vent étant moindre que celui de l'eau, cet excédent d'impulſion portera le Navire au vent : ce premier effet eſt ſuivi d'un autre tout-à-fait oppoſé, le Vaiſſeau, par ſon détour, donnera lieu à l'eau de frapper une grande partie de la poupe, ce qui la fait arriver.

Cet accident ne peut avoir lieu ſi la direction du choc de l'eau paſſe par le centre de gravité, parce qu'elle ne donne alors aucun mouvement de converſion. Un grand nombre de figures rempliroient cet objet, telles ſont toutes celles où la proue & la poupe ſont ſemblables ; il n'en eſt même aucune où

cette condition ne pût être remplie, ſi elle étoit d'une grande importance; mais comme ce point varie ſelon les divers degrés de vîteſſe du Navire, & d'un inſtant à l'autre, il ſuffit que la diſtance du centre d'effort au centre de gravité, ne ſoit pas trop conſidérable.

69. M. Bouguer, ce ſavant eſtimable, dont on ne remarque les erreurs que parce que ſon ouvrage eſt trop utile, pour les y laiſſer ſubſiſter; ce ſavant qui a eu la gloire de porter la théorie dans un ſujet où elle avoit juſques-là été étrangere, dont nous ſuivons même les principes, en regrettant qu'il ne les ait pas portés plus loin, après avoir entrevu quelque rapport avec la partie poſtérieure de la carene; ce ſavant, dis-je, nous fournit une obſervation très-utile.

« Lorſque le Vaiſſeau s'incline beaucoup dans les routes obli-» ques, vu les gabarits ordinaires, le centre d'impulſion ſe porte » plus avant; ainſi la poſition de la voilure reſtant la même, le » Vaiſſeau vient plus au vent. M. de Radouay, ancien Officier » Général de la Marine, fit heureuſement uſage de cette re-» marque dans une occaſion très-importante. Son Navire ſe » perdoit infailliblement, à ce qu'il nous aſſure, ſi, pour le faire » arriver, il n'eût fait paſſer la plus grande partie de ſon équi-» page du côté du vent, pour diminuer l'inclinaiſon. Au reſte, » on voit que cette manœuvre ne doit réuſſir que dans les Vaiſ-» ſeaux d'une certaine forme; mais elle n'en eſt pas moins utile » à connoître, puiſque cette forme eſt celle que les Navires ont » ordinairement ».

70. On vient de conſidérer l'effet des impulſions de l'eau, le mouvement de converſion horizontal qui en réſulte; lorſque leur centre n'eſt pas dans l'axe vertical qui paſſe par le centre de gravité: il faut conſidérer à préſent la même action, pour donner un mouvement vertical; mouvement qui éleve la proue & fait plonger la poupe.

L'impulſion directe, ſi elle s'exerce ſur la même ligne horizontale où eſt le centre de gravité, ne fait plonger le Vaiſſeau ni en avant, ni en arriere; voyez (*Fig.* 31) qui repréſente une coupe longitudinale, & où G eſt le centre de gravité. Si l'impulſion moyenne eſt plus baſſe, comme en I, l'effort du fluide

ne peut repouſſer le point I en arriere, ſans que la ligne AM ne vienne *am*, ou que le Vaiſſeau ne plonge en avant: ſi l'impulſion agit ſur un point plus élevé que le point G, le Vaiſſeau au contraire plongera ſur l'arriere; ainſi l'effet de l'eau qui provient de l'impulſion directe, peut plonger le Vaiſſeau ſur l'avant ou ſur l'arriere; mais ce n'eſt jamais que d'une quantité inſenſible. L'effort du vent eſt toujours pour plonger le Vaiſſeau en avant: à cauſe de l'égalité de l'action & de la réaction, l'effort du vent dans les routes directes, eſt égal à celui de l'eau; ſon bras de levier eſt ſa hauteur moyenne au deſſus du centre O de la charge. Si donc on nomme P l'effort de l'eau ou du vent qui lui eſt égal, l'effort du vent pour faire incliner le Vaiſſeau, ſera P. F G: l'effort de l'eau qui lui eſt égal, ſera P. ± G I ou la ligne + a lieu, ſi I eſt plus bas que G, parce que les deux efforts produiſent le même effet, & le ſigne — ſi I eſt au deſſus de G; ainſi l'effort total eſt toujours F I.

III.

71. Il faut maintenant conſidérer l'effort de la pouſſée verticale. Par ſon excès d'impulſion ſur l'avant & ſon défaut d'impulſion ſur l'arriere, l'avant & l'arriere s'abaiſſent; mais le total de la pouſſée verticale reſte à-peu-près le même, & le Vaiſſeau a le même tirant d'eau au milieu. M. Bouguer a cru (pages 513 & 514 du Traité du Navire) que le Vaiſſeau s'élevoit dans ſa totalité. Ce réſultat différent vient de ce qu'il fait toujours abſtraction de la poupe; comme ce ſeroit le cas, ſi l'arriere étoit terminé par un plan vertical égal à la maîtreſſe coupe; mais cette hypotheſe n'eſt que poſſible, elle eſt trop éloignée des principes de conſtruction, pour être admiſe.

Comme ces actions verticales agiſſent l'une en avant, l'autre en arriere du centre de gravité, & que la direction de leur effet eſt oppoſée, elles donnent un mouvement angulaire de converſion dans le même ſens, ou, ſi l'on veut, les deux forces élevent l'une & l'autre l'avant; ainſi le moment de l'action verticale de l'eau eſt toujours oppoſé à celui du vent, & ils doivent avoir des ſignes différens. Il eſt à propos de donner un exemple

exemple de calculs qui peuvent avoir lieu. Je ſuppoſe que l'impulſion verticale ſoit $\frac{40}{2}$ pieds réunis à 50 pieds en avant du centre de gravité ; que le défaut de cette impulſion ſur l'arriere, ſoit $\frac{35}{2}$ & le centre à 40 pieds en arriere; que le centre moyen de l'impulſion directe qui eſt $\frac{30+25}{2}$ ſoit réuni à 5 pieds au deſſous du centre de gravité ; l'effort total du vent ſera 25 pieds que je ſuppoſe à 80 pieds au deſſus de ce même point. L'effort, pour faire incliner ſur l'avant, ſera $25.(80+6)$ ou 2150 ; celui pour ſoulever l'avant, ſera $\frac{40}{2} \times 50 + \frac{35}{2} \times 40$ ou 1700 ; ainſi l'effort total ſera pour plonger le Vaiſſeau ſur l'avant, ce ſera 2150—1700 ou 450.

On remarque que la figure du Vaiſſeau étant donnée, il y a telle hauteur moyenne de voilure où l'effort du vent pour plonger & celui de l'eau pour élever l'avant, ſont égaux : il faut que le produit de la réſiſtance directe, par la réſiſtance de ſon centre à celui du vent, ſoit égal aux momens naiſſans de l'impulſion verticale : par exemple, ces derniers momens étant 1700, & la réſiſtance directe ou l'effort du vent qui lui eſt égal, étant 25, il faut que l'intervalle entre les centres de l'impulſion directe & du vent, ſoit 68, ou diviſer 1700 par 25; alors, par la ſuppoſition, le centre des voiles ſeroit à 62 pieds au deſſus du centre de la charge ; mais on n'a pas beſoin de le ſavoir, il faut ſeulement qu'il ſoit à 68 pieds au deſſus du point I; c'eſt cette hauteur qui eſt nommée *Point vélique :* il m'a paru préférable d'éviter la compoſition des forces, & examiner chaque effet en particulier, parce que c'eſt la marche la plus générale & la plus ſimple. On voit (n°. 46) la raiſon qui fait que l'on prend la moitié des impulſions calculées ; on peut ſe contenter de rapporter au milieu l'action verticale, ſans chercher le lieu du centre de gravité ; il n'y aura jamais aucune erreur ſenſible. En général, plus les impulſions verticales comparées aux directes, ſont conſidérables, plus le point vélique eſt élevé parce que l'effort vertical eſt plus grand & a un plus grand bras de levier, & il en réſulte que *l'allongement d'un Vaiſſeau éleveroit ce point à-peu-près en raiſon du quarré des longueurs, ſi l'on pouvoit faire abſtraction des réſiſtances de l'étrave.*

72. On n'a considéré la hauteur du point vélique que relativement aux routes directes ; mais dans les routes obliques, il faut décomposer les actions de l'eau & regarder l'axe transversal comme l'axe du mouvement ; du reste les principes sont les mêmes.

Ce point vélique latéral est toujours peu éloigné du centre de la charge, & à la moitié ou au tiers de la distance du métacentre au centre de gravité. On peut toujours supposer que l'effort du vent, pour faire incliner, est égal au plan résistant latéral, multiplié par la distance du centre moyen latéral au dessus de la flottaison : ceci n'est qu'un à-peu-près. Cette théorie générale nous donne une regle de construction assez importante. *Tout le reste étant égal, la profondeur de tirant d'eau, augmente le bras du levier avec lequel le vent agit ; 1° parce que le centre d'impulsion directe est plus bas ; 2° parce que le rapport de l'impulsion verticale à l'horizontale diminue ; cela peut faire une différence de 2 à 3 pieds.*

73. Comme on s'est servi plusieurs fois de cet axiome, que l'action & la réaction sont égales, il est essentiel d'en expliquer quelques circonstances, auxquelles on n'a pas donné toute l'attention qu'elles méritoient.

Supposons un Navire retenu par son centre de gravité, l'effort du vent fera plonger l'avant du Vaisseau, & le moment de son effort pourra être exprimé par celui de la quantité dont le Vaisseau est plongé ; mais si le Vaisseau n'est pas retenu par son centre de gravité, il sera poussé en avant, & plongé sur l'avant ; toute la partie qui a eu son effet, en plongeant le Vaisseau, ne le pousse pas de l'avant, & est détruite par la réaction ; de même que la partie qui pousse le Navire est détruite par son effet ; mais si la résistance verticale empêche que le vent ne plonge ; alors il est employé tout entier à pousser en avant. C'est une réflexion de la plus grande importance. On conviendra que cette partie de notre théorie qui est nouvelle, sera contestée : mais elle n'en est pas moins certaine, & nous invitons nos Lecteurs à la vérifier ; on y verra la cause de ces expériences si disparates, qui ont lieu quand on cherche la résistance des fluides ; celle de ces inégalités de marche sans cause apparente,

& qui ne peuvent être attribuées à un enfoncement insensible de la proue : c'est peut-être l'observation la plus importante de ce Traité de construction.

IV.

De la Vîtesse du Vaisseau.

74. On commencera par rechercher la vîtesse qu'un Vaisseau peut prendre dans les routes directes. On supposera que la densité de l'eau est à celle du vent comme 800 à 1 ; l'action du vent est en raison des densités & du quarré des vîtesses. Comme il s'en faut beaucoup que celle du vent soit infinie, par rapport à celle du Vaisseau, il n'agit que par la vîtesse relative. Il est évident que l'action du vent égale à l'étendue de la surface des voiles, multiplié par le quarré de la vîtesse relative, & la densité, est aussi égale à l'action de l'eau qui est le produit du plan résistant par le quarré de la vîtesse du Navire, & la densité de l'eau : on a calculé la Table suivante : la vîtesse absolue du vent y est toujours supposée de 60 parties : la premiere colonne est la vîtesse du Navire ; la seconde le rapport entre les surfaces des voiles & le plan résistant supposé 1, pour produire une telle vîtesse ; la troisieme suppose la surface des voiles ordinaires pour une Frégate telle que *la Sirene*, *la Thétis*, & montre quel devroit être le plan résistant pour produire la vîtesse de la premiere colonne.

30	800	7 pieds $\frac{1}{2}$	19	271	35 pieds	13	61	98 p. $\frac{1}{3}$
28	613	9 $\frac{1}{4}$	18	143	41 $\frac{1}{3}$	12	50	120
26	468	12 $\frac{1}{2}$	17	124	48 $\frac{1}{3}$	11	40 $\frac{1}{3}$	149
24	365	17	16	106	57	10	32	189
22	268	22 $\frac{1}{2}$	15	89	67 $\frac{1}{2}$	9	25	240
20	200	30	14	74	81	8	19	317

Comme dans les tempêtes où l'on ne met que la miſaine, la voilure eſt à peu-près $\frac{1}{3}$ de celle qu'on porte dans les beaux temps, les Vaiſſeaux les plus mal conſtruits, prennent environ $\frac{2}{15}$ de la vîteſſe du vent; mais ils font à peu-près par la force du vent ſeule $\frac{7}{3}$ de lieue ou à cauſe de la lame, 9 nœuds $\frac{1}{2}$ au plus, encore faut-il des vents prodigieux; j'ai même remarqué qu'il leur eſt difficile de fuir la lame avec la miſaine ſeule.

Je ſuppoſe dans ces calculs, faits principalement pour le beau temps, que la voile reçoit à peu-près la même impulſion que ſi elle étoit platte; car dans la partie concave, il y a néceſſairement de l'air qui n'a pas d'iſſue, qui eſt par conſéquent preſſé par le fluide; je ne regarderai cependant ceci que comme une hypotheſe: M. Euler nous a montré que ce qui a rapport à la courbure des voiles eſt inſoluble; elle dépend du poids de la voile, du degré & du rapport de l'élaſticité des fils qui la compoſent, & forment la *chaîne* & la *trame* ainſi que du rapport de leurs groſſeurs, des *ralingues* & du degré de leur tenſion & de la force du vent; toutes choſes néceſſairement variables, & qui ne peuvent être ſoumiſes aux expériences: vent arriere, je ne me ſuis pas apperçu que la courbure médiocre des voiles, ait nui à la marche; mais c'eſt une obſervation que je ne donnerai que commme très-incertaine, au reſte la théorie la confirme.

75. Dans les poſitions obliques, on ignore ſi l'air agit dans la raiſon du ſinus d'incidence ou de ſon quarré. Les expériences que Newton a faites avec les pendules ſemblent indiquer la loi de ſinus ſimples, & avec les globes tombans, on trouve la loi du quarré; celles de M. de Borda ne donnent pas la même loi pour les ſurfaces courbes & droites: on examinera d'une maniere approchée, cette action du vent ſur les voiles dans les deux hypotheſes.

Les voiles des bâtimens mâtés en quarré font au plus près un angle moyen avec la quille de 30^{d} & $37\frac{1}{2}$ avec le vent. La ſurface des voiles, pour un bâtiment de 31 pieds de large, eſt environ 11200 pieds ſans compter les voiles d'étay & de civadieres. La ſurface expoſée au vent étant diminuée en raiſon de l'obliquité, & l'effort étant ſuppoſé diminuer encore dans le même rapport, la ſurface ſe réduit à 6830, & l'effort à 4160, frappés directement, & l'effort, pour aller en avant, étant

à l'effort total (*Fig.* 32) comme MO : CM n'eſt que 2080, la mâture & cordages ſont, pour aller en arriere, un effort d'environ 230 pieds, ainſi l'effort total à conſiderer eſt 2080 — 230 ou 1850.

Mais un Vaiſſeau qui marche bien, la mer étant belle, prend environ le tiers de la vîteſſe du vent au plus, à peu de différence près, & il s'éleve au vent de $\frac{1}{4}$ de ſa marche ou de $\frac{1}{12}$ de la vîteſſe du vent, la dérive étant de 6 à 7^{d}, ainſi la vîteſſe relative du vent, ſa vîteſſe abſolue étant 60, eſt 65 parties, & ſon effort eſt $65^{2} \times 1850$ ſurface des voiles : vent arriere, une telle Frégate auroit $\overline{40}^{2} \times 5400$; ainſi le rapport des efforts eſt 100 & 123, & celui des vîteſſes 10 au plus près, & 11 vent arriere.

Si l'on fait attention que cette ſolution ſuppoſe une telle Frégate bien en aſſiette au plus près & vent arriere, on verra que ces marches peuvent venir à l'égalité dans ces deux poſitions ; & qu'il eſt même poſſible qu'un Vaiſſeau aille au plus près plus vîte qu'il ne va vent arriere : il y auroit encore une moindre différence de vîteſſe que celle que j'ai trouvée, ſi j'avois compté toutes les voiles, telles que les civadieres & voiles d'étay ; le rapport des marches ne ſeroit que 10 & 10 $\frac{1}{4}$. Quand on navigue à huit ou 12 quarts, la vîteſſe augmente de près de $\frac{1}{3}$; à 10 quarts, il y a encore quelqu'augmentation.

Lorſqu'on calcule les vîteſſes que doit avoir un tel Vaiſſeau dans les différentes routes, ſelon l'hypotheſe des réſiſtances en raiſon des ſinus d'incidence, toutes les vîteſſes trouvées ci-deſſus, ſont plus fortes & principalement dans les routes les plus obliques, & la vîteſſe au plus près ſeroit plus forte que vent arriere de $\frac{1}{7}$ ce qui, quand on meſure les vîteſſes avec le lock ordinaire, paroîtroit donner environ $\frac{1}{4}$ de plus de vîteſſe que vent arriere, à cauſe du tranſport du bateau de lock dans ces routes, ce qui me porte à croire qu'il faut ſuivre la maniere de calculer ci-deſſus ou celle des quarrés des ſinus.

76. L'effort du vent, pour faire avancer le Vaiſſeau, eſt proportionnel au quarré du ſinus d'incidence, multiplié par le ſinus de la voile avec la quille ; car la partie de la ſurface qui reçoit le vent, eſt proportionnelle au ſinus de ſon obliquité ; la force

de l'impulsion est encore proportionnelle au sinus de cette obliquité ; ainsi la quantité d'impulsion est comme le quarré de ce sinus: mais une partie tend à pousser le Vaisseau latéralement, & l'autre à le pousser selon la direction de la quille, & cette derniere partie est comme le sinus de l'angle de la voile avec la quille ; il y a donc une certaine obliquité qui doit donner la plus grande vîtesse possible. Soit O l'obliquité de la voile, par rapport à la quille, & I le sinus de l'angle d'incidence du vent sur la voile: A le sinus de l'angle du vent avec la quille : OII doit être un *maximum* ou 2 O. cos I = I. cos O dans le cas du *maximum* ou A = 3 O cos I par le (n° 50) ce qui donne la construction suivante ; on prend le tiers de C A, sinus de l'angle A (*Fig.* 32) qu'on marquera I, puis on tire LO parallele à P C, on a donc CM, CH :: MN; HR ou r : cos I :: Sin O ; $\frac{\text{Sin O. cos I}}{\text{V}}$ = H R = par la construction $\frac{A}{3}$.

Nota. On suppose qu'on sait résoudre le problême suivant ; une base étant donnée, & une droite donnée de position sur cette base ; trouver sur cette droite le point duquel tirant aux deux extrémités de la base, deux lignes, l'angle compris sera droit. *Nota.* Dans l'hypothese des sinus, on trouveroit que quand O I est un *maximum*, l'angle d'obliquité & d'incidence doivent être égaux.

Tout ceci ne peut être regardé que comme des solutions approchées, à cause de la courbure des voiles & des augmentations de résistances, quand les routes sont obliques ; de plus, dans les routes où le vent prend un peu de l'arriere, une partie des voiles couvre l'autre : il y a différens reflêts du vent: le vent d'ailleurs, après avoir frappé une surface d'une certaine étendue, prend une inflexion, ensorte qu'une surface égale, mais placée à une certaine distance de la premiere, recevroit encore de l'impulsion vers les bords, & d'autant plus qu'elle seroit plus éloignée ; on ne peut donc faire une table des vîtesses qui convienne à tous les Vaisseaux en général : on doit se borner aux à peu-près tirés des calculs dont on a donné un modele (n° 75 ;)ce sont ces considérations qui m'ont engagé à ne pas

donner les tables des vîteſſes de M. Euler, parce qu'elles ſeroient inutiles.

77. Il en eſt de même de ce problême célebre de manœuvre où on propoſe de gagner au vent, le plus qu'il eſt poſſible, la ſolution ſeroit toujours imparfaite, portant ſur une trop grande quantité de ſuppoſitions. Elle dépend de la quantité des voiles, & œuvres mortes, & manœuvres du Vaiſſeau, de la courbure des voiles & de la maniere dont ſe fait la décompoſition de l'effort du vent, de l'aſſiette du Vaiſſeau, de la forme des fonds, de la force de la mer, enfin de l'enſemble de tout ce qui peut former des difficultés; enſorte que toutes les cauſes d'erreur s'accumulent & ſe multiplient. On s'en rapportera donc au manœuvrier attentif qui ne manquera pas de diriger ſa route de maniere à remplir cet objet, s'il y a un peu de mer de l'avant, ou ſi ſon Navire marche mal, il naviguera moins près du vent: il lui ſuffira, pour ſe diriger, de ſavoir que la dérive eſt à peu-près en raiſon inverſe du quarré de la vîteſſe.

Avant de terminer les réflexions ſur la marche des Vaiſſeaux, il faut porter nos attentions ſur le mouvement apparent du vent. Si le Vaiſſeau qui a, par exemple, le vent par le travers, étoit ſuppoſé immobile, la direction & la vîteſſe apparente du vent ſeroient les mêmes que les réelles; mais ſuppoſons-le en mouvement, il ſe formera un vent qui viendra de l'avant, par la même raiſon qu'une perſonne qui court dans un temps calme, reſſent une fraîcheur, comme ſi le vent venoit du côté vers lequel il court. Si le chemin du Vaiſſeau eſt $\frac{1}{3}$ du vent, on formera, pour connoître la direction apparente du vent, un triangle rectangle ABC (*Fig.* 33.) dont le côté AB eſt la viteſſe réelle du vent; le côté BC eſt la vîteſſe du Vaiſſeau, AC. la vîteſſe relative de l'air, & l'angle CBA, eſt la différence des directions réelles & apparentes, enſorte que le vent paroîtra prendre ſon origine en C, & dans cet exemple, le vent paroîtroit $29^{\circ}\frac{1}{2}$ plus de l'avant qu'il ne l'eſt réellement. Dans les calculs que nous avons faits juſqu'ici, nous avons ſuppoſé le vent réel, on en a calculé l'effort (n°. 75); mais il y a une déduction à faire ſur cet effort, l'angle de la voile avec la

quille étant 30 ᵈ, & la ſomme des voiles étant 11260, l'effort ſe réduit à un effort de 2800, ou diminue, comme le quarré du ſinus de l'obliquité, & il n'y a encore qu'une moitié de cet effort qui pouſſe en arriere, ainſi c'eſt 1400; mais la vîteſſe du vent provenant du mouvement du vaiſſeau, étant $\frac{1}{8}$ de celui du vent réel, ſon effort eſt $\frac{1}{9}$, & par conſéquent il eſt égal au 9ᵉ de 1400 pieds ou 159 pieds, ce qui diminueroit de $\frac{1}{14}$, les vîteſſes de cet article, pour le plus près. En général lorſqu'on eſt en mer on ne voit plus que la direction & la vîteſſe apparente du vent; mais comme ces directions & viteſſes apparentes ſont compoſées de mouvemens réels, on les décompoſe pour avoir les autres mouvemens, de même qu'on a compoſé les mouvemens particuliers, ſavoir le mouvement du vent abſolu & celui qui vient de la vîteſſe du Navire pour avoir le mouvement apparent.

On a pu s'appercevoir de quelle utilité eſt la connoiſſance de la compoſition des mouvemens. On la retrouve à chaque pas dans le méchanique; on la retrouve dans le pilotage; car un Vaiſſeau qui fait 100 lieues au NE, fait deux routes de 70. 7 lieues au N. & autant à l'E; cette opération qui ſe fait journellement dans le pilotage, a lieu dans l'occurrence préſente, ſi au lieu d'un Vaiſſeau, il s'agit du vent qui faſſe 100 pieds par ſeconde au NE.

78. On trouve (Traité du Navire page 428); «Nous nous » imaginerons que pendant que le vent parcourt l'eſpace CG » ſur la direction VG (*Figure* 34) le Navire AB dont DE eſt » la voile paſſe par le mouvement de ſon ſillage de C en *c*; les » divers points de la voile fuiront par rapport au vent, de la quan- » tité CF; & ne ſeront par conſéquent frappés que par le ſurplus » FG, dont le vent va plus vîte. Le Vaiſſeau eſt ici repréſenté » lorſqu'il va au plus près ou contre l'origine même du vent; » mais quoique le Navire avance vers le vent, ſa voile étant » ſuppoſée prolongée en F, coupe ſucceſſivement, à cauſe de ſa » ſituation, divers points F, dont le progrès ſe fait dans le » même ſens que celui des particules, & elle ſe ſouſtrait d'autant » plus à l'impulſion, pendant que divers parties du Vaiſſeau, &

» une

une voile disposée d'une autre maniere, pourront être choquées avec plus de vîtesse.

Cette opinion m'a paru devoir être discutée par l'expérience; on voit que la mer étant belle, il y a peu de différence de marche au plus près & vent arriere, ainsi le Vaisseau fuiroit plus le vent au plus près que vent arriere, à peu-près dans le rapport de 4 à 3. Cependant les sens font voir en mer que le vent est plus fort au plus près que vent arriere, il en résulteroit que la vîtesse d'un Vaisseau au plus près, ne seroit pas même, dans les plus belles mers, la moitié de celle qui a lieu vent arriere; car la vîtesse trouvée pour le Vaisseau, n° 75, seroit diminuée dans le rapport de 65 vîtesse du vent, par notre hypothese à 30 vîtesses, suivant le raisonnement de M. Bouguer.

Il est aisé de faire voir les conséquences qui en résulteroient. Je suppose que le vent ait une foible vîtesse égale à celle d'un courant qui transporte le Navire de C en c, & que la voile DE fait avec le vent un angle de 30^d, alors le mouvement du Vaisseau lui feroit retrancher plus que la vîtesse du vent; cette voile exposée aux vents venant du côté V portée en partie par le courant vers V, se trouveroit avoir une impulsion opposée.

Nota. Le quartier de réduction est l'instrument le plus convenable pour résoudre les divers problêmes qui ont rapport à la décomposition des mouvemens.

Quoique l'on ait porté la théorie dans ces principes de la manœuvre; on se gardera bien de laisser penser que son exécution doive être assujettie à la regle au compas. Il est avantageux sur-tout dans l'objet que nous traitons de nous en rappeller les principes; il est encore assez utile de les avoir connus; mais le manœuvrier a un coup d'œil qui rassemble les diverses combinaisons, & démêle sur le champ ce qu'il doit faire. Tous les problêmes physiques qu'on peut résoudre, ont des limites assez étendues, entre lesquels leur *maximum* se soutient: ce coup d'œil du manœuvrier

saiſit donc ce point avantageux : vouloir chercher plus de préciſion, ce ſeroit s'appéſantir inutilement. Peu de principes généraux, & le coup d'œil, ce ſont les parties que nous avouerons, ſans peine, être ſupérieures à une théorie timide.

CHAPITRE X.

De la Mer agitée.

79. POUR que ce Traité ait une utilité réelle, il eſt néceſſaire de parler de la Mer agitée : cette conſidération modifie les regles qui ont été données précédemment. Qu'on ne s'attende pas à trouver ici un ſujet traité avec préciſion, il n'en eſt pas ſuſceptible ; mais il donne lieu aux obſervations les plus utiles.

Quand la mer eſt agitée, il en réſulte une *réſiſtance accidentelle*, ſur-tout au plus près ; ce que je nomme réſiſtance accidentelle, eſt celle qui fait que le tirant d'eau, la voilure & la viteſſe des vents étant les mêmes, la viteſſe du Vaiſſeau diminue : or il eſt certain que, quand la mer eſt agitée, quand on voit par l'inclinaiſon latérale que la force du vent eſt la même, la marche des Vaiſſeaux diminue ſouvent de plus de moitié de ce qu'elle ſeroit d'une belle mer. Après avoir calculé le *Défenſeur*, Vaiſſeau de 74 canons, la *Malicieuſe*, Frégate de 32 & quelques autres, il m'a paru qu'on pouvoit regarder la réſiſtance accidentelle comme égale à la ſurface abſolue d'une partie du maître couple qui auroit pour hauteur le quart de celle de la vague, prenant cette partie vers la flottaiſon. Ayant perdu ces calculs qui ſont très-ennuyeux, très-hypothétiques, je n'ai pas cru devoir les recommencer ; il ſuffit d'avertir que le réſultat de cette ſuppoſition, eſt auſſi conforme à la perte de marche des Vaiſſeaux, qu'on peut le deſirer : cette eſpece de réſiſtance accidentelle que j'ai principalement reconnue dans des vents faits, augmente lorſque le Vaiſſeau préſente plus à la lame que 6 quarts, & peut devenir double de celle qui a été établie ci-deſſus, comme la plus ordinaire.

Mais quelle que ſoit cette quantité, il en réſulte que les Frégates ou petits Navires doivent perdre une plus grande partie

de leur marche au plus près que les Vaiſſeaux ; car leur réſiſtance accidentelle augmente dans la raiſon ſimple des dimenſions. Ainſi une lame de 4 pieds pour un Vaiſſeau de 40 pieds de large, donne la même réſiſtance accidentelle qu'une vague de 3 pieds pour une Frégate de 30 ; & la vague étant la même, la Frégate auroit $7\frac{1}{2}$ de plus de réſiſtance accidentelle, ſi les deux Navires étoient faits ſur le même plan ; ſuppoſant de plus que la réſiſtance naturelle de la Frégate eſt 30 pieds, celle du Vaiſſeau réduite à celle de la Frégate, ſeroit pareillement 30 : mais la réſiſtance accidentelle de la Frégate étant 30, celle du Vaiſſeau réduite ſeroit $22\frac{1}{2}$; ainſi le Vaiſſeau ſe trouveroit avoir une réſiſtance totale réduite de $52\frac{1}{2}$, pendant que la Frégate auroit 60 ; la marche du Vaiſſeau ſurpaſſeroit d'un quinzieme celle de la Frégate, quoique d'une belle mer, elles fuſſent égales.

Ce que j'appelle réſiſtance réduite, eſt celle qui eſt diminuée comme le quarré de la largeur : telle eſt l'explication de l'avantage des Vaiſſeaux, quand il y a de la mer de l'avant.

Ce n'eſt pas la même choſe vent arriere, quand on fuit la vague, à moins qu'il n'y ait beaucoup de différence entre la force du vent & la hauteur de la vague. (Voyez la table du n° 42).

80. Ce qu'il ne faut pas oublier, c'eſt que quelle que ſoit la proportion de cette réſiſtance accidentelle, elle eſt conſidérable au plus près. Cela nous fournit une obſervation très-importante, c'eſt qu'un Navire fait pour très-bien marcher au plus près d'une belle mer, mais qui n'auroit pas une grande ſtabilité, ne pourroit ſe relever d'une côte, dont un Navire qui auroit de la ſtabilité ſe releveroit ; car cette réſiſtance accidentelle qui eſt fort conſidérable dans ces temps, & eſt égale pour les deux Navires, rend le total des réſiſtances preſque égal.

Pour en donner un exemple, ſuppoſons deux Navires de 32 pieds de large, dont l'un ait 50 pieds de réſiſtance d'une belle mer, l'autre 25, le rapport des vîteſſes ſeroit 5 & 7 ; ſi par la force des vagues, la réſiſtance accidentelle augmente de 96 pieds à chacun de ces Navires, ce rapport des réſiſtan-

ces qui étoit 1 à 2, devient celui de 5 à 6; il faut joindre à cela que, quand la dérive eſt forte, les réſiſtances approchent de l'égalité; il ne reſte peut-être que la différence de 10 à 11, & ſi le Navire qui a peu de réſiſtance avoit une ſtabilité bien moindre, il ne pourroit ſe relever de la côte; pendant que l'autre Navire s'en releveroit. Quand la mer eſt belle, ce Vaiſſeau fait pour bien marcher, tiendroit le mauvais voilier avec la moitié des voiles; mais quand la mer eſt mauvaiſe, il en faudroit la même quantité, à peu de choſe près; par cette raiſon, la proue de la plus grande vîteſſe d'une belle mer, n'eſt pas la proue de la plus grande vîteſſe d'un grand vent & d'une mauvaiſe mer, & dès-lors on voit le peu d'utilité des figures de moindre réſiſtance.

J'ai dit, n° 77, que la dérive eſt en raiſon doublée inverſe de la vîteſſe; ſi un Vaiſſeau ayant une vîteſſe de 100 parties à $\frac{1}{4}$ quart de dérive, & ſe trouve perdre la moitié de ſa marche par des réſiſtances accidentelles, quoiqu'il ait la même voilure & que le vent reſte le même, ſa dérive ſera de deux quarts. C'eſt ce que j'ai obſervé pluſieurs fois; ainſi toutes les parties de la phyſique ſe lient, & les expériences, pour l'exactitude du chemin, ſe trouvent être de la plus grande utilité pour appuyer nos regles de conſtruction: on en donnera la raiſon, la réſiſtance latérale eſt toujours preſque la même, parce qu'elle eſt preſque abſolue, & ſa différence n'eſt au plus que d'un cinquieme; mais cette réſiſtance eſt l'effort de l'eau décompoſé. Elle eſt proportionnelle au quarré de la vîteſſe, & puiſque cette vîteſſe ſe trouve diminuée de moitié, ſon action ſera diminuée d'un quart. Si l'on nomme V la viteſſe du Vaiſſeau, & O le chemin fait en travers, la réſiſtance latérale eſt V O; c'eſt toujours l'expreſſion de la réſiſtance latérale; donc ſi V diminue de moitié, la dérive ſera double, & alors à cauſe que le chemin parcouru eſt moindre de moitié, cette dérive qui forme une quantité double, répondra à un angle quadruple à peu-près.

Remarques importantes.

81. La viteſſe du Navire fait que l'eau s'éleve contre l'avant, & ſe ſouſtrait de l'arriere, d'autant plus que les extrêmités ſont plus obtuſes : delà il arrive que le Vaiſſeau eſt toujours plus ardent, & que le point vélique ſe porte plus en avant par l'augmentation de la réſiſtance latérale ſur la partie de l'avant, & la diminution de celle de l'arriere : cet effet eſt fort conſidérable, & peut porter le point vélique 12 pieds plus en avant que ſon lieu calcule ordinaire : quelques expériences connues permettent de trouver cet effet qui confirme notre théorie. On ſait que l'eau faiſant 10 pieds par ſeconde, ou deux lieues par heure, s'éleve de 20 pouces, ſa hauteur décroît comme le quarré du ſinus d'inclinaiſon, ou comme le quarré de ſa vîteſſe relative, ce qui donne une flotaiſon réelle courbe, qu'on peut calculer ſuivant les regles communes : au reſte, cette élévation de l'eau ſur l'avant & l'abaiſſement vers l'arriere n'ont d'effet ſenſible que pendant un huitieme de la longueur du Vaiſſeau à prendre de l'étrave & de l'étambot. Il ne reſte plus, pour compléter les obſervations eſſentielles ſur la marche des Vaiſſeaux, qu'à rappeller aux Lecteurs ces vérités qu'ils auront ſans doute obſervées, & qui ont été la baſe des changemens qu'on a faits à la théorie ordinaire.

Des Vaiſſeaux, au même tirant d'eau, conſtruits ſur le même plan, avec la même quantité de voiles, ont ſouvent une différence de marche conſidérable : il y en a donc au moins un qui ne marche pas auſſi bien qu'il ſeroit poſſible ; peut-être tous les deux ne ſont pas au point de leur plus grande marche, mais au moins eſt-il sûr qu'un des deux n'y eſt pas ; je nomme cette difficulté à marcher, *réſiſtance accidentelle.*

Si deux Navires conſtruits de même, mais dont l'un eſt plus lége que l'autre, ayant la même quantité de voiles, ont, d'un beau temps, une différence de marche, en ſorte que celui qui eſt plus lége dans tous ſes points, marche plus mal, ce Vaiſſeau a encore certainement une réſiſtance acci-

dentelle ; car nulle loi de réſiſtance ne peut la rendre plus forte pour le Navire plus lége, & qui offre une ſurface moindre : il y a donc d'autres cauſes : ce ſont des vérités ſi évidentes qu'il ſuffit de les expoſer.

CHAPITRE XI.

De la facilité de gouverner par le Gouvernail.

82. M. BOUGUER a recherché quel eſt l'endroit où doit être la plus grande largeur des Vaiſſeaux, pour contribuer, le plus qu'il eſt poſſible, à l'action du Gouvernail; la ſolution ſuppoſe un chargement proportionnel aux capacités de chaque partie, & cette diſpoſition n'étant pas poſſible, elle m'a paru ſans objet, auſſi M. Euler ne s'en eſt pas occupé.

La facilité que les Vaiſſeaux ont à tourner par le moyen du Gouvernail, dépend évidemement de deux choſes, de la grandeur du moment de l'action latérale de l'eau ſur le Gouvernail, & de la facilité qu'a le Vaiſſeau à prendre un mouvement de converſion. Soit la ligne AB (*Fig.* 35) qui repréſente l'axe du Vaiſſeau, que l'eau aille choquer le Gouvernail BC incliné, l'action de l'eau ſera, à inclinaiſon égale, proportionnelle à l'étendue BC du Gouvernail; mais comme nous ſuppoſons que la direction de l'eau eſt parallele à BC, ſon effort diminue dans le rapport du quarré du ſinus d'incidence au ſinus total, ou comme $\overline{CE}^2 : \overline{BC}^2$; mais il n'y a d'employé à tourner qu'une partie de l'effort qui eſt à celui-ci, comme BE : BC, puiſque l'impulſion totale ſur BC, ſe réduit en deux efforts, l'un qui eſt direct, & fait une augmentation de réſiſtance, l'autre perpendiculaire à BE qui peut être exprimé par cette même ligne, c'eſt un dernier effort qui tend à faire tourner le Vaiſſeau, & il eſt, par ce qu'on vient de dire $BC \times \frac{CE^2}{\overline{BC}^2} \times \frac{BE}{BC}$ ou $BE \frac{CE^2}{\overline{BC}^2}$.

Suppoſons qu'on cherche l'inclinaiſon du Gouvernail où cet effort eſt le plus grand, comme on ſait que $\overline{CE}^2 = \overline{BC}^2 - BE^2$, puiſque ce ſont les deux côtés d'un triangle rectangle BE $\frac{CE^2}{\overline{BC}^2}$ ou $\frac{\overline{BC}^2 . BE - BE^3}{\overline{BC}^4}$ doit être un *maximum* nommant BC

V

1 ou 1 & BE x on a $x - x^3$ qui doit être un *maximum* ; ce qui arrive quand $3x^2 = 1$ ou que $x = 1\sqrt{\frac{1}{3}}$.

Cette ſolution montre que l'angle du Gouvernail le plus avantageux eſt celui où il fait avec le prolongement de la quille, un angle de $54^d\,44$ minutes ; c'eſt ce que tous les Auteurs ont démontré juſqu'ici.

Si on ſuppoſoit que l'eau agit dans la raiſon des ſinus d'incidence, ce ſeroit BE. CE qui ſeroit le *maximum*, & l'angle EBC ſeroit de 45^d : car tout le monde ſait que le plus grand rectangle formé par le ſinus & le coſinus, eſt celui où ils ſont l'un & l'autre de 45^d. Reprenons notre premiere hypotheſe, & joignons-y (d'après MM. Bouguer & Euler) une attention qui a été négligée : le moment de l'action du Gouvernail eſt d'autant plus grand qu'il eſt plus éloigné du centre du Navire ; ainſi en faiſant l'angle EBC un peu moindre, le Gouvernail aura ſon centre plus éloigné de celui du Navire, & par conſéquent ſon bras de levier ſera un tant ſoit plus conſidérable.

Si la diſtance du centre du Navire au Gouvernail étoit infini par rapport à ſa largeur, ce plus d'éloignement ne pourroit être qu'infiniment petit & n'altéreroit pas le réſultat ; mais ſi elle n'eſt pas infinie ; elle eſt au moins très conſidérable, & M. Bouguer a trouvé qu'il ne peut y avoir plus de $\frac{1}{4}$ de degré de différence : b étant la diſtance du centre de gravité du Navire, à l'extrêmité de la poupe, a la demie largeur du Gouvernail, on a $\sqrt{\frac{a^4}{9b^2} + \frac{1}{3}a^2} - \frac{a^2}{3b}$ pour la valeur de x ou du côté EB, mais ces recherches ſont peu importantes.

83. On a regardé le mouvement du fluide comme étant parallele à l'axe ; ſuppoſons maintenant qu'il ſuit les cotés du Vaiſſeau, ce qui lui donne une direction différente. L'axe du Vaiſſeau étant encore AB (*Fig.* 36), la forme de la partie poſtérieure de la carene étant HBI, le fluide frappe la face antérieure du Gouvernail BC avec l'obliquité HBC ; & la face poſtérieure avec l'obliquité IBC : cette face même n'eſt pas choquée, ſi le Gouvernail fait avec le prolongement de la quille un angle moins aigu que le côté BI ne fait avec l'axe ou la quille AB (voyez le n° 53), ce ſont les deux cas de

l'impulsion latérale. Dans le premier cas où les deux faces sont choquées, l'expression est $4mn(y-y^3)$ qui doit être un *maximum*, & alors $y=\sqrt{\frac{1}{3}}$, & est un angle de $35^d\ 16$ min. ainsi dans ce cas quelque soit l'obliquité du fluide, l'inclinaison est la même.

Dans le second cas, l'angle du Gouvernail avec le prolongement de la quille, est plus ouvert que celui du côté du Vaisseau avec l'axe, on retrouve l'expression $2n^2x+2(m^2-n^2)\frac{x^3}{x^2+y^2}$ qui doit être un *maximum*, alors $n^2\,dx+3(m^2-n^2)x^2\,dx=0$ ou $x=\frac{n}{\sqrt{3(n^2-m^2)}}$ expression qui, quand m est nulle, devient $x=\sqrt{\frac{1}{3}}$ comme on l'a trouvé ci-dessus, & quand les côtés du Vaisseau font avec la quille un angle de 45^d, n'offre aucune solution; car alors le *maximum* seroit celui de la quantité de $2n^2x$ qui ne dépend que de la grandeur de x, lequel ne peut augmenter au delà de 45^d sans retomber dans la premiere solution.

Si l'obliquité ou l'angle ABH est de plus de 45^d, alors la valeur de x est imaginaire, ce qui montre que ce cas ne peut avoir lieu, & qu'ainsi il faut se régler sur la premiere solution.

84. La détermination de $35^d\ 16''$ pour l'angle la plus avantageux, est très-étendue; elle renferme tous les cas où les deux faces du Gouvernail reçoivent l'action du fluide, sans qu'il importe de savoir si les routes sont directes ou si elles sont obliques. Le deuxieme cas où une seule face du Gouvernail est choquée par le fluide, ne laisse pas d'être compliqué. On reconnoît aisément que quand l'angle qu'il fait avec l'axe du Navire, est égal à la dérive, il n'a nulle action, & que dans les cas où la barre est sous le vent, & par conséquent le Gouvernail est au vent, son action est pour arriver, à moins qu'il ne fasse avec la quille un angle plus ouvert que celui de la dérive : comme la necessité d'allonger la *barre* ou levier pour diminuer la fatigue des timonniers, ne permet pas de faire faire au Gouvernail un angle de plus de 30^d avec le prolongement de la quille, on voit que son effet dans les *capes* est toujours à arriver: il faut expliquer cette pensée pour éviter qu'une fausse interpré-

sation ne la rende absurde. On ne dit pas que, suivant les diverses positions du Gouvernail, un Vaisseau, dans ces temps, ne puisse venir au vent, & qu'ainsi on ne s'en serve pour produire cet effet; mais on dit que si on pouvoit ôter le Gouvernail, le Navire seroit plus *ardent*, ou viendroit plus au vent qu'il ne le fait par son usage, que l'effort du Gouvernail est toujours à arriver dans ces circonstances, mais du plus ou moins, & que c'est par cette différence d'effort qu'il est alors utile : il porte le centre des impulsions plus en arriere; mais une fois l'équilibre établi, il sert également à altérer ou rétablir cet équilibre par ses divers mouvemens.

Enfin ces mêmes regles font voir que le Vaisseau culant le Gouvernail dont la position seroit donnée par rapport à l'axe, auroit un effet opposé à celui qui résulte de l'impulsion du fluide, lorsqu'il vient de l'avant; car l'effort du fluide sur la face postérieure du Gouvernail étant décomposé, est opposé à celle qu'auroit le fluide s'il frappoit la face antérieure.

85. La facilité de gouverner dépend non-seulement de la quantité de l'effort latéral & de son bras de levier, mais encore du moment d'inertie, qui par le n° 31, est toujours rapporté à celui des axes passant par le centre, autour duquel le Vaisseau tourne; on a vu que le moment d'inertie est égal à la somme du produit de chaque poids, par le quarré de sa distance à l'axe auquel on le rapporte : ainsi dans les Vaisseaux semblables, il est comme la cinquieme puissance d'une des dimensions, la force du Gouvernail de son côté, est proportionnelle à la surface ou au quarré d'une dimension multipliée par le bras du levier qui en suit la raison simple, ensorte que la force, pour tourner, étant comme le cube & la difficulté comme la puissance 5 : la difficulté relative est comme la puissance 2, & un Vaisseau double d'un autre aura une difficulté quadruple. Tant qu'un effort agit constamment, jusqu'à ce qu'il ait produit une résistance sensible, il produit un mouvement uniformément accéléré, & qui est comme le quarré des temps; c'est encore un principe inconteſtable de la méchanique; les mouvemens de conversion doivent donc être pareillement accélérés jusqu'à ce que la résistance latérale de l'eau la détruise, & par conséquent

elle doit être telle dans l'origine de ces mouvemens. Un Vaiſſeau qui auroit une difficulté quadruple d'un autre, décriroit dans le même temps un angle qui ne ſeroit que le quart de celui du premier Vaiſſeau ; mais dans un temps double de celui-ci, il décriroit un angle quadruple, & par conſéquent égal à celui du premier Vaiſſeau, & ainſi les temps dans leſquels les Navires ſemblables & ſemblablement chargés, décrivent des angles égaux, ſont comme les dimenſions ſimples ; en effet, tant que l'on fait abſtraction de la réſiſtance de l'eau, le mouvement de rotation eſt un mouvement accéléré, car le premier mouvement de converſion acquis continueroit, quand même l'action du Gouvernail ceſſeroit, puiſque la réſiſtance ſeule de l'eau peut le détruire ; mais comme cette action continue, il y a de nouveaux degrés de vîteſſe de converſion.

Le temps des rotations eſt en raiſon inverſe de la racine quarrée de la ſurface du Gouvernail ; ſi le Gouvernail reſtant le même, on fait varier la ſeule longueur des Vaiſſeaux, le moment d'inertie ſera en raiſon triplée, & le levier avec lequel le Gouvernail agit, croît en raiſon ſimple ; ainſi le temps des rotations ſera comme la longueur.

Mais tout ceci n'eſt exact que dans les premiers inſtans du mouvement, car bientôt la réſiſtance les rend ſenſiblement uniformes. Tout le reſte étant égal, le Vaiſſeau dont la ſurface eſt plus grande, a de ce côté une plus grande réſiſtance : la vîteſſe angulaire ou l'angle de converſion étant le même, le Vaiſſeau, dont la longueur eſt la plus grande, va choquer latéralement le fluide, avec une vîteſſe en raiſon des longueurs, & la réſiſtance eſt encore en raiſon doublée ; ainſi la réſiſtance eſt comme la troiſieme puiſſance des longueurs, ainſi ſi le Gouvernail reſtant le même, on fait varier les longueurs, le temps des converſions ſera comme la puiſſance $\frac{5}{2}$ des longueurs, ſi la vîteſſe eſt plus grande, tout le reſte étant le même, les mouvemens de converſion feront comme les vîteſſes, ce qui eſt évident, car l'effort augmente comme le quarré des vîteſſes, & le temps des converſions eſt en raiſon doublée inverſe des efforts.

86. Pour trouver d'une façon générale quel doit être l'angle

du Gouvernail pour produire le plus grand effet dans les routes obliques qu'on ſuppoſera (*Fig.* 35.) que le fluide au lieu de ſe mouvoir parallelement à l'axe, a une certaine obliquité qui eſt la direction B M nommant m le ſinus de ſon incidence ſur le Gouvernail, n ſon coſinus, y la ligne C E qui repréſente l'effort direct du Gouvernail, x la ligne BE qui repréſente l'effort latéral, on a mmx pour l'effort latéral, lequel doit être un *maximum*, alors $2my = nx$, & comme la dérive eſt donnée, & que ſon ſupplément eſt égal à la ſomme des angles m & y, nommant A, cette ſomme, par les théorêmes généraux des valeurs des ſommes des angles (n°. 50), & Géométrie de M. Bezout, 284) on a cos. $A = my + nx$, donc $nx =$ cos. $A - my = 2my$ ou cos $A = 3my$: on retrouve ici la marche du n° 76. On peut obſerver que puiſque $2m : n :: x : y$, ſi $m = 45^d$ $x = 2y$, & l'angle avec le prolongement de la quille eſt $26^d\ 34'$.

On a conſidéré les effets principaux, négligeant ceux qui, quoiqu'abſolument liés à l'effet du Gouvernail, ne changent qu'inſenſiblement l'état du Navire; tel eſt celui par lequel l'uſage du Gouvernail donne une inclinaiſon autour de l'axe horizontal ſitué dans le ſens de la largeur qui paſſe par le centre de gravité du Vaiſſeau. M. Euler en a parlé (*Théorie complette, &c.*) mais il ſuffit de l'indiquer, & j'ai cru devoir négliger tout ce qui eſt inſenſible, & le remplacer par les obſervations utiles.

87. La facilité de gouverner n'eſt pas au reſte une expreſſion claire & abſolument définie, c'eſt quelquefois faire un mouvement de converſion dans le moindre eſpace poſſible, & c'eſt en ce ſens que je le prendrai toujours; quelquefois c'eſt faire un mouvement de converſion dans le moindre temps poſſible. Ces deux effets ne ſont pas liés l'un à l'autre, la plus grande vîteſſe du Navire peut rendre ſon mouvement de converſion plus prompt, ſur-tout pour de petits angles, & cependant l'eſpace parcouru peut être plus grand: il eſt certain que quand on ſonge à la ſûreté de la navigation, il eſt préférable de tourner dans peu d'eſpace: c'eſt principalement dans les paſſages étroits, où les courans ſont inſenſibles qu'on en voit la vérité; mais ſi les courans ſont ſenſibles, oppoſés d'ailleurs à la route

du Vaiſſeau, ce qui eſt le plus avantageux, c'eſt de gouverner dans le moindre eſpace, non pas relatif, mais abſolu poſſible. Dans un tel cas le Navire qui gouverneroit le mieux, ſeroit celui qui auroit ſeulement la vîteſſe qu'il lui faut pour refouler le courant.

88. Pour qu'un Vaiſſeau gouverne bien, il faut qu'il ait le moindre mouvement d'inertie poſſible, ce que l'on peut exécuter par l'arrimage, en rapprochant de l'axe vertical qui paſſe par le centre de gravité les poids les plus lourds, autant qu'il ſe peut, & par conſéquent on doit donner aux coupes des extrêmités une inclinaiſon verticale aſſez conſidérable; car il arriveroit, de deux choſes l'une, ou les capacités intérieures en ſeroient remplies, alors le Navire gouverneroit mal; ou elles ſeroient vuides, ce qui (par le n° 36) nuiroit à la ſtabilité; toutes les raiſons poſſibles font voir pareillement qu'on doit porter vers les extrêmités les parties les plus légeres du chargement: les Lecteurs voient de plus que cette diſpoſition eſt avantageuſe pour remédier à l'axe des Vaiſſeaux.

Pour diminuer l'*élancement* & la *quette*, on a mis vers les deux extrêmités des *Maſſifs*, d'une épaiſſeur égale à celle de la quille. Si on nomme leur ſurface A, & la ſurface longitudinale du Navire B, la diſtance au centre l, & la réſiſtance des maſſifs ſera $A\,l^3$: celle du Vaiſſeau, à cauſe des différentes vîteſſes & bras de levier ſera $\frac{B\,l^3}{4}$. B eſt la ſurface latérale priſe ſur le plan de longueur, mais qu'il faut en général diminuer d'un tiers, à cauſe des inclinaiſons verticales. Si donc par B on entendoit la ſurface totale, les réſiſtances ſeroient comme $A : \frac{B}{6}$.

Quoique la ſuppreſſion de la quette augmente le bras du levier du Gouvernail, on voit que ce n'eſt pas une compenſation; ſi la quette eſt 3 pieds, la longueur du Navire 120 ; lorſqu'on la ſupprimera, la réſiſtance augmentera de $\frac{1}{10}$: le bras du levier du Gouvernail; & par conſéquent ſa force augmentera de $\frac{1}{10}$ ſeulement.

CHAPITRE XII.

Des Navires allant à la Rame

89. LES Bâtimens à rame ont beſoin d'une moindre ſtabilité que ceux qui ſont faits pour aller à la voile : le centre des efforts qui les pouſſent, n'étant pas fort élevé, ils doivent avoir peu d'inclinaiſon verticale, c'eſt ce qui conſtitue la différence principale de conſtruction de ces Navires ; cependant comme ils vont quelquefois à la voile, aucun des principes établis ci-devant n'eſt indifférent pour leur conſtruction, & il faut de plus examiner l'effet des rames. Pour cela nous ſuppoſerons (*Fig.* 37) d'abord le Navire immobile. Soit la *rame* F G attachée ſur l'*apoſtis* ou *platbord* en D, enſorte qu'elle puiſſe recevoir un mouvement angulaire autour du point D, & faiſons abſtraction du poids de la rame ; ſa vîteſſe dépend du Rameur ou de ſa force. La réſiſtance que la rame éprouve en G de la part du fluide, eſt en équilibre avec l'effort qu'emploie le Rameur : ſuppoſons le mouvement angulaire donné, & examinons ce qui arrivera en allongeant la partie D G : on verra que le mouvement angulaire étant auſſi donné, la vîteſſe du fluide, ſera auſſi plus grande pour choquer la *palle R*, en raiſon des longueurs ; & comme les réſiſtances ſont comme les quarrés des vîteſſes, elles ſont donc comme les quarrés de DG ; en outre le bras de levier agit comme cette même longueur ; ainſi le moment de l'action de l'eau ſur la palle, eſt comme le cube de la partie extérieure ou comme $\overline{DG}^3$; il faudroit donc, pour que le Rameur n'éprouvât qu'une réſiſtance égale, diminuer la ſurface de la palle, comme $\overline{DG}^3$: mais alors la réſiſtance de l'eau ſeroit diminuée dans le rapport de la longueur.

Il en réſulte donc que dans ce cas, il ſeroit avantageux de diminuer la longueur de la rame, juſqu'à l'infini, ſi cela etoit poſſible, en augmentant la palle dans la même raiſon, ainſi que le dit M. Bouguer. (*Traité du Navire*, page 110.)

90. Suppoſons maintenant le Navire en mouvement ; & la vîteſſe donnée ; ſuppoſons en outre que la vîteſſe du Rameur, pour agir commodément, ſoit encore donnée, & de deux pieds $\frac{1}{2}$ par ſeconde, il eſt évident que la vîteſſe de la palle ſera dans le rapport de la partie FD, à DG, mais cette vîteſſe n'eſt pas celle de l'eau : elle doit être diminuée de toute la vîteſſe du Navire : enſorte que ſi ſa vîteſſe étoit plus grande que celle de la palle, comme il peut arriver quand on va en même-temps à la voile, la rame ſeroit un obſtacle à la marche. Le point où la rame ne fait nul effet, eſt facile à déterminer par cette analogie : $2\frac{1}{2}$ pieds, vîteſſe du Rameur, vîteſſe du Navire que je ſuppoſerai ici 5 pieds, comme FD : DP :: 1 : 2, enſorte que ſi DP = 2 FD, la rame ne fera ni avancer ni reculer le Navire ; mais ſi la partie DF eſt plus courte, les rames retarderont le Navire, & ſi la vîteſſe étoit $7\frac{1}{2}$ pieds par ſeconde, il faudroit que DP fût plus grand que trois fois FD : dans ce cas l'effort de l'eau eſt généralement comme $(\overline{DG}-\overline{DP})^2$, & le moment de cet effort eſt $(\overline{DG}-\overline{DP})^2$ DG. La réſiſtance a toujours pour bras de levier DG : mais ici il ne peut jamais devenir égal à o, ou ſe confondre avec le point d'appui, il ne peut jamais être moindre que DP. L'effort, ſelon que la palle ſera en G ou en g, à $\frac{1}{2}$ diſtance de P à G, l'effort de l'eau ſera quadruple en G de ce qu'il eſt en g, ou, ſi on veut que l'effort de l'eau ſoit le même, il faudra que la palle en g ait une ſurface quadruple. Il eſt vrai que cet effort de l'eau ayant un bras de levier moindre dans le rapport de 7 à 8 : on pourra encore augmenter cette palle de $\frac{1}{8}$, ſans que la fatigue du Rameur augmente, ce qui donneroit une vîteſſe plus forte de $\frac{1}{11}$.

91. Il eſt certain que s'il étoit permis de faire ces abſtractions, ſi la force du Rameur eſt toujours la même, ſi on pouvoit toujours augmenter l'étendue de la palle, il y auroit quelqu'avantage à la placer fort peu au delà de P, plutôt qu'en G. Dans la ſuppoſition que ces longueurs, à compter de D, ſuivent le rapport de 3 à 4, l'augmentation de vîteſſe ſeroit de $\sqrt{4}$ à $\sqrt{3}$, ou de près de $\frac{1}{8}$; mais comme la ſurface de la palle ne peut être augmentée au delà de certaines bornes, on eſt obligé d'y renoncer.

Il ſemble qu'elle ne peut être commodément de plus d'un demi-pied par homme ; c'eſt au moins la dimenſion que la pratique lui donne : quand on pourroit l'augmenter de moitié, il s'enſuivroit qu'elle ne pourroit être rapprochée que d'environ $\frac{1}{7}$ de la diſtance P G ou de $\frac{1}{14}$ de la diſtance totale au point D, ce qui ne feroit qu'une augmentation de vîteſſe de $\frac{1}{10}$ environ. En général ($a\,x^2 + x^3$). S, eſt conſtant, S eſt la ſurface, a & $a+x$ les parties DP & DG : mais il vaut mieux faire la rame plus longue : ſans cela, ſi l'on a des Rameurs vigoureux, on aura une perte réelle de vîteſſe ; je ſuppoſe que le Vaiſſeau puiſſe faire $\frac{1}{10}$ de plus de chemin, alors le point P ſera à 3. 3 parties du point D : ainſi la nouvelle palle aura une vîteſſe de $\frac{14}{100}{}^2$ ſa ſurface eſt $\frac{1}{4}$, donc l'effort de l'eau eſt 2181 pendant que la palle ordinaire en G a une vîteſſe de $\frac{70}{100}{}^2$ ou 2450, & l'effort de l'eau eſt plus fort de $\frac{1}{8}$, dans la diſpoſition la plus ordinaire. Il n'y a donc pas de rapport bien déterminé : il ſemble qu'on peut ſuppoſer que tous les déſavantages ſont aſſez bien conciliés quand la partie P G eſt égale à l'intérieure ; au reſte, s'il paroît quelqu'incertitude dans la fixation préſente, c'eſt qu'elle eſt inévitable ; on peut s'en convaincre par la lecture des ouvrages de MM. Euler & Bouguer ; j'ai ſeulement cherché à rendre cette ſolution plus ſimple.

On peut remarquer que les ſolutions de M. Euler dans le Livre intitulé *Scientia Navalis*, & dans la *Théorie complette de la Conſtruction des Vaiſſeaux*, ſont différentes. Nous donnerons ici les longueurs qui nous paroiſſent convenables : le Rameur ayant une vîteſſe de 2 pieds $\frac{1}{2}$ par $''$, qui nous paroît l'effort ordinaire, ſi le Vaiſſeau fait 1500 toiſes par heure, le rapport des parties intérieures & extérieures eſt 10 & 20 & la longueur de la partie extérieure doit augmenter d'une partie pour 150 toiſes de plus de viteſſe, ſi elle étoit 4500 toiſes ce ſeroit le rapport de 10 a 40. Ce rapport eſt proportionnel à la force du Rameur. S'il fait, par exemple 3 pieds par ſeconde, alors ce ſera à 1800 toiſes que correſpondra une augmentation de longueur de la partie extérieure de la rame double de l'intérieure.

92. Il eſt à propos de donner une idée de la force que les Rameurs peuvent employer : on l'évalue communément à 32 l.

mais le temps qui eſt employé pour retirer la rame de l'eau, & la remettre étant à peu-près la moitié du temps que le Rameur travaille, on peut ſuppoſer que cet effort ſe réduit à 16 liv. mais ce n'eſt pas la ſeule diminution. Lorſque le Vaiſſeau va vîte & fait 3000 toiſes par heure, la longueur de la partie extérieure étant trois fois celle de la partie intérieure, il faut diminuer cette force dans le rapport de 3 à 1 : ainſi le Rameur n'emploie que 5 liv. $\frac{1}{3}$ pour faire avancer le Navire. Quel que foible que ſoit cet effort, je doute qu'il ſoit poſſible d'inventer aucune machine où il y ait une moindre perte : celle qui réſulte de la vîteſſe du Navire eſt indiſpenſable ; car il faut toujours que la rame, ou ce qui en tiendra lieu, ait une vîteſſe plus grande que celle du Navire ; ainſi pour donner 2 pieds $\frac{1}{2}$ de vîteſſe à la rame ou à la machine, ſi la vîteſſe du Navire eſt 7 pieds $\frac{1}{2}$, il faudra qu'elle ait une vîteſſe de 10 pieds : ſi c'eſt une roue, il faudra un diametre quadruple ; la ſeule choſe ſur laquelle on puiſſe eſpérer de gagner, c'eſt ſur le temps que la rame ne ſert point, qui eſt celui qu'on la tire de l'eau ; mais je penſe que la rame étant un levier ſimple, ſe ramene plus aiſément, ſur-tout ſi on charge la poignée, que toute autre eſpece de machine, qui n'auroit pas un mouvement continu. Comme l'effort du Rameur dans un temps donné, eſt conſtant ; la continuité de mouvement eſt une perte ſur l'intenſité de la force : & d'ailleurs, il eſt difficile d'établir dans les Navires une roue, machine qui ſeule pourroit procurer un tel mouvement : il me ſemble donc qu'il eſt impoſſible de faire aucune découverte utile en ce genre, à l'exception de proportionner & agrandir les palles des avirons, quand la vîteſſe du Navire doit être petite.

CHAPITRE XIII.

Des Mouvemens accélérés.

93. ON a jusqu'ici considéré les vîtesses uniformes : cependant un Vaisseau ne passe de l'état de repos à celui du mouvement, ou réciproquement de celui du mouvement à celui du repos, que par des nuances successives d'accélération ou de retardement. Si le vent pousse un Vaisseau, on voit que dans un fort petit espace de temps, c'est le choc d'une très-foible masse d'air qui, suivant les principes du choc des corps, se trouve agir sur une grande masse. Une Frégate qui a 6000 pieds d'étendue de voiles, & 800 tonneaux de poids, étant poussée pendant une″ par un vent qui a 28 pieds de vîtesse, la densité de l'air étant à celle de l'eau, comme 784 est à 1, reçoit un effort ou un poids de 1 livre $\frac{1}{7}$ par pieds ou de 7200 liv. & la Frégate pesant 800 tonneaux, on fera cette analogie : 800 tonneaux ou 1600, 000 liv : 3200 : : 28 pieds : est à un quatrieme qui sera l'espace dont le Navire sera avancé pendant ce temps: on trouvera 1 pouce $\frac{1}{2}$, alors la résistance de l'eau, le plan résistant étant de 30 pieds, sera égale à 9 onces. Dans la 10e ″, la vîtesse du Navire seroit 15 pouces à peu-près, & la résistance seroit de 908 onces ou de 56 livres : la vîtesse relative du vent, seroit 26 pieds 9 pouces, ensorte que son action seroit seulement 6780 livres, dont il faut ôter les 56 livres de résistance, il ne resteroit plus que 6824 liv. On trouveroit l'accélération pour cet instant, en faisant l'analogie suivante 1600,000: 6880 — 56 ou 6824 : : 26 pieds 9 pouces : 4e terme qui seroit à peu-près 1 pouce $\frac{1}{3}$, ainsi l'accélération seroit diminuée de $\frac{1}{9}$; on peut chercher ainsi les accélérations par parties ; mais il est préférable de recourir à la théorie de la proposition 35 des Principes de Newton, pour les accélérations & retardemens.

1°. Si le globe & les particules sont privés de toute force élas-

tique & réfléchiſſante, la réſiſtance qu'un globe éprouve, eſt à la force par laquelle tout ſon mouvement peut lui être ôté ou communiqué dans le temps dans lequel un globe quadruple parcourt la 3e partie de ſon diametre, comme la denſité du milieu eſt à la denſité du globe.

2°. La réſiſtance que le globe éprouve, eſt toute choſe égale en raiſon doublée de la vîteſſe.

3°. Cette réſiſtance eſt auſſi en raiſon doublée du diametre.

4°. Elle eſt auſſi comme la denſité du milieu.

On ſuppoſera maintenant un globe peſant 800 tonneaux, & ayant 30 pieds de réſiſtance, comme le globe diminue la réſiſtance de moitié, ſon grand cercle eſt 60 pieds & le diametre eſt 8 pieds $\frac{1}{3}$, & un tel globe, s'il peſoit autant que le Navire, auroit environ 66 fois la denſité de l'eau.

Par les Corollaires 7 de la Propoſition 35 & 9 de la Propoſition 36 un globe qui ſe meut dans un fluide non élaſtique, & de la même denſité que lui, a plutôt perdu la moitié de ſa vîteſſe, qu'il ne décrit la longueur de deux de ſes diametres, & puiſque la perte de réſiſtance eſt comme les denſités, il faudroit multiplier 17 pieds $\frac{1}{3}$ double du diametre par, 66, on auroit près de 200 toiſes de chemin parcourus quand la vîteſſe du Navire eſt diminuée de moitié.

Mais comme il naîtroit des *réſiſtances accidentelles*, on calculera ce qui arriveroit ſi la réſiſtance étoit abſolue, elle ſeroit d'environ 280 pieds; le diametre d'un cercle dont l'aire eſt double, ſeroit de près de 27 pieds & la denſité de ce globe ſeroit environ $\frac{20}{9}$ de celle de l'eau; ainſi un pareil navire perdroit la moitié de ſa vîteſſe en parcourant environ ſa longueur.

Quoique ce ne ſoit exactement ni l'une ni l'autre de ces ſolutions, la derniere approche le plus d'être exacte, à ce qu'il m'a paru; au reſte ces expériences ne peuvent avoir lieu, que le vent par le travers, & ſont difficiles à faire.

On peut remarquer que dans toutes les hypotheſes, la vîteſſe du Navire ne ſeroit nulle, que dans un temps infini, à moins qu'on n'admît une réſiſtance proportionnelle au temps, telle que ſeroit la ténacité des parties du fluide, &c.

Les mouvemens de rotation occaſionnés par l'action du Gouvernail ſont accélérés au moins dans les premiers inſtans. On a vu (n° 31) que la difficulté du Navire à prendre du mouvement eſt égale au moment d'inertie rapporté à l'axe vertical qui paſſe par le centre de gravité. Comme on conſidere alors les momens abſolus, il faut réduire l'action du Gouvernail, à une quantité qui ſoit du même genre ; ainſi ſon action eſt, en raiſon de la ſurface reduite & du quarré de la vîteſſe moyenne. La théorie des oſcillations & rotations, ayant été ſuffiſamment établie, il ſuffit de donner un exemple de la maniere dont les calculs doivent ſe faire.

Suppoſons que la ſurface latérale du Gouvernail, réduite, ſoit égale à un plan de 8 pieds, choqué perpendiculairement ; que la diſtance à l'axe verticale qui paſſe par le centre de gravité, ſoit 60 pieds, la vîteſſe du Navire étant 15 pieds par ſeconde, ou un peu plus de trois lieues par heure, ſon déplacement 22400 pieds cubes ou 800 tonneaux, enfin que la diſtance moyenne dont on doit compter les momens d'inertie ſont 35 pieds, le moment d'inertie eſt 22400, 1225, ou 27,440,000.

On cherchera quel ſeroit l'angle de converſion, pour une intervalle de 10″ : comme il s'agit ici de mouvemens accélérés, on prendra le quarré de la moitié du chemin parcouru pendant ce temps, lequel eſt 150 pieds, le quarré de la moitié de ce nombre eſt 5625, qu'il faut multiplier par 8 pieds, ſurface réduite, & par le bras de levier 60, le produit eſt 2700000, & diviſant 27, 440, 440, 000, par ce nombre, le quotient eſt 10.16, ainſi l'angle de rotation eſt de $5^{d}\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{10,16}$ du rayon.

« Ce genre de calcul ſe rapporte à celui de M. Euler (*Théorie* » *complette de la Conſtruction & Manœuvre des Vaiſſeaux*) pour » trouver l'accélération dans le mouvement de rotation, il faut » ſelon les regles de la Méchanique, multiplier le moment des for- » ces, par la double hauteur, dont corps les tombent dans une″, » & diviſer le produit, par le moment d'inertie du Vaiſſeau ; ainſi » l'expreſſion de l'accélération eſt $\frac{1}{2}$ du quarré de la vîteſſe, mul- » tiplié par la ſurface réduite & par le bras du levier, & diviſé » par le moment d'inertie. La fraction numérique qui en réſulte, » exprimera toujours le ſinus de la vîteſſe angulaire qui ſera en-

» gendrée dans une ſeconde (le ſinus total étant un pied) & il » faut avertir que la vîteſſe angulaire, eſt exprimée par l'angle » qu'elle eſt capable de parcourir dans une ſeconde, & l'angle » dont le Vaiſſeau tourne, eſt la moitié de la viteſſe qu'on a » trouvée ».

Mais auſſi-tôt que le Vaiſſeau commence à tourner autour de ſon axe vertical, & que par conſéquent tant ſa direction que ſa vîteſſe éprouvent quelque changement, il eſt clair que la force de l'eau ſur le Gouvernail eſt changée : il ne peut ſe faire un grand mouvement de converſion, ſans que toutes les quantités du Numérateur ne changent, & ſur-tout lorſqu'il s'agit de virer vent devant ; ſi l'accélération continuoit comme le quarré des temps, un Navire tel que nous avons ſuppoſé, tourneroit de 90 ° en 40 ″, & cela ſans être aidé par les voiles.

Au reſte, cette maniere de calculer les mouvemens de rotation que j'ai empruntée de M. Euler, ma paru plus ſimple que celle de M. Bouguer, en ce qu'elle n'a nul rapport au centre de converſion.

Effectivement, on ſait que l'effort d'une livre, eſt ce qui fait parcourir à un poids d'une livre, une eſpace de 15 pieds par ſeconde, d'un mouvement accéléré, & 8 pieds ſeulement à un poids de 120 liv. ainſi le chemin parcouru eſt égal à l'effort × 15 pieds, & dans l'exemple précédent, c'eſt, 270 livres ou 3 pieds $\frac{1}{3}$ cubiques d'eau, multipliés par 15 pieds & par 8, étendue de la ſurface, & par 60 bras de levier, la difficulté à ſe mouvoir étant toujours le moment d'inertie.

Il y a une obſervation à faire, c'eſt que le centre de converſion, eſt le point qui reſte fixe, & autour duquel les deux extrêmités tournent. Lorſque le Navire eſt en repos, ce point eſt toujours le centre de gravité, parce que ce centre repréſente le mouvement du corps entier, & quand il eſt fixe ; il faut bien qu'il ſoit le centre du mouvement qui en eſt le ſeul point fixe. Dans toutes les recherches actuelles, il n'eſt pas néceſſaire de connoître combien le corps entier du Navire, eſt tranſporté par l'action du Gouvernail ; c'eſt un effet abſolument diſtinct, & qui n'eſt pas plus à conſidérer que ne ſeroit un courant.

Ce qui eſt dit du Gouvernail peut s'appliquer avec la même facilité à l'effet des voiles, c'eſt le même genre de calcul, ce qui a déterminé à expliquer en détail ce genre d'actions.

Il eſt à obſerver que quand un Navire a une réſiſtance accidentelle, il gouverne moins bien par le gouvernail ; car l'action du vent eſt la même, mais le Navire marche plus mal. Si la réſiſtance accidentelle eſt telle que la vîteſſe ſoit diminuée dans le rapport de 3 à 2, l'effort ſera diminué comme 9 eſt à 4, ainſi la même poſition du Gouvernail qui contrebalanceroit environ 9 pieds de différence de poſition de voilure, n'en pourra contrebalancer que 4, & il en eſt de même du mauvais voilier

95. Les accélérations de mouvemens dans les tangages peuvent ſe réduire aux mêmes principes ; c'eſt la difference de momens entre les diverſes parties du Navire & du déplacement qui eſt la cauſe de ce mouvement : plus cette différence eſt grande, plus l'action du tangage ſera vive, & delà il réſulte qu'un Navire dont la flottaiſon ſeroit très-groſſe, & conſerveroit long-temps une largeur conſidérable, les fonds du reſte étant extrêmement taillés, auroit le tangage le plus prompt, & de la plus grande étendue ; mais on a obſervé qu'il faut faire enſorte que le Navire ſuive les mouvemens de la mer, car plus il réſiſte à ſes agitations, plus les chocs ſont ſubits, ce qui eſt le plus dangereux pour la mâture.

Si l'action du Gouvernail ſe réduit en peu de temps à des mouvemens preſqu'uniformes, il n'en eſt pas de même du tangage, c'eſt un mouvement toujours ſenſiblement accéleré, pas uniformément à la vérité ; car à chaque inſtant, la différence de momens, entre les Parties du Navire & du déplacement varie ; mais de maniere que la réſiſtance de l'eau peut être négligée, & qu'il n'y a que la pouſſée verticale à examiner.

Comme il arrive fort ſouvent qu'on a beſoin de connoître la force de l'eau & du vent pour de certaines vîteſſes, on en donnera les Tables dans la page ſuivante.

VÎTESSES ET EFFORTS DE L'EAU ET DE L'AIR.

Eau,	liv.		*Vent.*	liv	
1 pied par Seconde,	1	2	5 pieds		037
2	4	8	10		150
3	10	8	15		237
4	19	2	20		600
5	30	0	25		937
6	43	2	30	1	350
7	58	8	35	1	837
8	76	8	40	2	400
9	97	2	45	3	037
10	120		50	3	750
11	145	2	55	4	537
12	172	8	60	5	400
13	202	8	65	6	337
14	235	2	70	7	350
15	270	0	75	8	437
16	307	2	80	9	600
17	346	8	85	10	837
18	388	8	90	12	150
19	433	2	95	13	537
20	480	0	100	15	000
21	529	2	105	16	537
22	580	8	110	18	150
23	634	8	115	19	837
24	691	2	120	21	600
25	750	0	125	23	437
26	811	2	130	25	350

RÉSUMÉ

RÉSUMÉ

Des Principes généraux de Conſtruction & Manœuvres des Vaiſſeaux.

CHAPITRE XIV.

96. IL eſt abſolument néceſſaire que les Navires de Guerre puiſſent porter leur Artillerie, Vivres, Agrêts, Équipages, & quelque leſt, ſans cependant perdre l'uſage de leur premiere batterie, qui doit être élevée au deſſus de l'eau d'une quantité ſuffiſante. De même les Navires Marchands doivent pouvoir porter le chargement qu'on ſe propoſe; il faut donc s'aſſurer ſi le Navire qu'on projete, n'enfoncera pas dans l'eau, au delà du point qu'on a déterminé. C'eſt un principe inconteſtable qu'un corps enfonce dans un fluide juſqu'à ce que le volume déplacé ſoit égal à ſon poids, & l'on ſait que la peſanteur du pied cube d'eau de mer eſt de 71 livres 6 onces, ou que 28 pieds cubes peſent environ 2000 livres. Comme on a les états des différens poids qui entrent dans un Navire, il ne s'agit que de meſurer le volume d'eau qu'occupe la carene. Ce calcul n'a aucune difficulté: on regarde les courbes qui compoſent le Vaiſſeau comme un aſſemblage de lignes droites; ce qui n'occaſionne aucune erreur ſenſible, quand on diviſe la carene en un grand nombre de parties. L'exemple de ce calcul, qu'on trouvera à la fin de ce traité, montrera la façon la plus ſimple de le diſpoſer, & fera diſparoître toutes les difficultés qui pourroient ſe préſenter. Si le volume d'eau ainſi calculé & multiplié par 71 livres 6 onces, poids du pied cube, donnoit un produit moindre que le poids du Navire, on augmenteroit les capacités de la carene projetée; ſi au contraire il étoit plus conſidérable, on diminueroit les capacités, pour donner un peu plus aux autres qualités du Navire.

97. On a enſuite enſeigné à trouver le centre de gravité de la carene du Vaiſſeau. Cette théorie eſt fondée ſur ce principe inconteſtable de méchanique, que le *moment* d'un poids eſt proportionel à ce même poids, multiplié par la diſtance au point d'appui : c'eſt ce qui a lieu à chaque inſtant & qu'on reconnoît quand on ſe ſert d'une *Romaine*. Le centre de gravité étant le point d'équilibre, un point tel que les momens de part & d'autre ſont égaux ; on a une maniere très-ſimple de le trouver. On ſuppoſe un point d'appui tel que l'on veut, & l'on cherche les momens par rapport à ce point ; on ajoute tous ceux qui ſont du même côté, & on ſouſtrait ceux qui ſont du côté oppoſé, s'il y en a quelques-uns ; c'eſt-à-dire, ſi le point d'appui eſt pris dans l'intérieur du corps, on diviſe la ſomme des momens ainſi trouvée par celle des poids, & l'on a la diſtance du point d'appui au centre de gravité. C'eſt une eſpece de regle de fauſſe poſition ; en effet, puiſqu'il y a des momens par rapport au point qu'on a pris pour terme, ce ne peut être le centre de gravité ; mais cela ſuffit pour voir de combien doit être éloigné ce centre, pour rendre les momens nuls. Je ſuppoſe que prenant un point d'appui quelconque, la ſomme des momens ſoit de 1000 ſur la droite, & que les poids ſoient de 100, il eſt viſible qu'en prenant le centre de gravité de dix parties plus avancé vers la droite, les momens ſeront nuls ; car tous les poids auront un moindre bras de levier de la valeur de dix parties, & ainſi leur produit ſera moindre de 1000.

La forme des Vaiſſeaux étant irréguliere pour trouver le centre de gravité de la carene, on ſuit la méthode d'approximation, qui conſiſte à partager les courbes qui la compoſent en parties ſenſiblement droites, & l'on cherche le moment de chacune de ces parties. On donnera à la fin du traité, l'exemple de ce calcul. On trouve, en ſuivant les mêmes principes, le centre de gravite des poids qui entrent dans le Vaiſſeau, on l'a nommé *centre de la charge* ; le centre de gravité de la carene, a été nommé quelquefois *centre de figure*.

On cherche le lieu du centre de gravité de la carene, par rapport à la longueur & la hauteur. L'égalité qu'on obſerve dans la figure des deux moitiés de couples à droite & à gauche de

la quille, ainſi que dans leurs chargemens, fait que les centres de la carene & de la charge, ſont toujours au milieu de la largeur du Vaiſſeau, lorſqu'il eſt dans ſa poſition naturelle. Dans l'état actuel de la conſtruction, il ne ſont guere en avant du milieu que de $\frac{1}{80}$ de la longueur totale; cette quantité peut varier d'environ un autre 80e. La hauteur des centres de la charge & de figure, n'eſt pas la même. Ils doivent ſeulement être dans la même verticale: c'eſt cette hauteur des centres de gravité, qui eſt la plus variable, & qu'il importe le plus de connoître par la relation qu'elle a avec la *ſtabilité* ou la qualité de bien porter la voile. C'eſt par rapport à la flottaiſon que l'on doit conſidérer la hauteur de ces centres, & non pas par rapport à la quille, à cauſe de l'acculement, qui, quoiqu'il change peu la poſition abſolue de centre de figure, paroîtroit y occaſionner une grande variation, ſi on le rapportoit à la quille.

98. La théorie des centres de gravité conduit à la recherche de la ſtabilité, & il eſt à remarquer qu'on peut être aſſuré de donner aux Vaiſſeaux cette qualité eſſentielle, parce que les principes de cette théorie ſont certains.

Pour en donner une idée, on a ſuppoſé d'abord un Vaiſſeau chargé uniformément, & de poids d'une denſité égale à l'eau. On a trouvé que lorſqu'il eſt incliné, l'effort pour produire cette inclinaiſon, eſt meſuré par ſon changement d'état, c'eſt-à-dire, par le moment des parties de la carene qui entrent dans l'eau & en ſortent; & dans les inclinaiſons fort petites, cet effort ou la ſtabilité qui lui eſt égale, eſt proportionnelle à la ſomme des cubes de la flottaiſon; car ſi on conſidere une ſeule coupe, plus elle aura de largeur, plus la partie qui entre & ſort de l'eau aura de longueur & de hauteur pour une inclinaiſon d'un angle donné, & cette partie triangulaire aura un bras de levier plus long. Delà il réſulte que dans les navires ſemblables & ſemblablement chargés, la ſtabilité eſt comme le quarré quarré des largeurs. On ſait qu'on appelle figures ſemblables, celles où toutes les dimenſions changent proportionellement.

La ſtabilité augmente même dans un plus grand rapport que la ſomme des cubes des largeurs, lorſque le centre de la charge eſt au deſſus du centre de figure. Cette théorie ſe trouve confirmée

par la pratique, puiſqu'on *ſouffle*, c'eſt-à-dire qu'on augmente les largeurs à la flottaiſon des Vaiſſeaux qui portent mal la voile. Quand des Vaiſſeaux ont ce défaut, on peut calculer de combien doit être ce ſoufflage, pour ne pas être inſuffiſant. On a obſervé dans le traité, qu'il doit être principalement dans la partie la plus large du Vaiſſeau, parce que l'augmentation de largeur étant la même, ſon effet eſt proportionel au quarré de la premiere largeur où on l'ajoute.

Un Vaiſſeau pouvant s'incliner ſur le côté ou dans le ſens de la longueur, la ſtabilité ſe rapporte aux deux axes principaux de longueur & de largeur. C'eſt la ſtabilité latérale ou rapportée à l'axe de longueur qu'il importe le plus de connoître, parce qu'il peut arriver qu'elle ſoit inſuffiſante. Celle qui s'oppoſe à l'inclinaiſon dans le ſens de la longueur eſt ſi conſidérable, qu'il ne peut y avoir de danger de ce côté. L'obſervation que cette ſtabilité eſt très-conſidérable, nous a conduit à calculer d'une maniere très-ſimple & très-exacte, quels poids donnent une certaine différence de tirant d'eau.

Malgré la certitude des principes de la ſtabilité, il y avoit une diverſité d'opinions ſur les conſéquences qui en réſultent. On peut inférer de pluſieurs paſſages du traité du Navire, que M. Bouguer penſoit qu'il faut abaiſſer le centre de figure le plus qu'il eſt poſſible, au moins en eſt-ce l'interprétation la plus naturelle, & quelques Conſtructeurs même, ont cru que c'étoit un principe de conſtruction. M. Euler dit au contraire, le centre de figure doit être le plus élevé qu'il eſt poſſible, (on ſuppoſe toujours le déplacement & la flottaiſon donnés). Cette queſtion étant intéreſſante, je l'ai examinée : c'eſt de la qualité du chargement que dépend la vérité de l'une ou l'autre aſſertion. *Conſidérant les Vaiſſeaux tels qui ſont & tels qu'il ne peuvent s'empêcher d'être, il faut élever ou rapprocher de la flottaiſon le centre de figure.* Les cas où l'abaiſſement du centre de figure augmente la ſtabilité, ne peuvent être conſidérés : ce ſeroient ceux où par la foible peſanteur des hauts & de la coque en général, la grande quantité & qualité du leſt, le Vaiſſeau auroit déja une très-grande ſtabilité, & il eſt évident qu'on ne doit pas s'arrêter à des moyens qui l'augmentent quand

elle eſt plus que ſuffiſante, & la diminuant lorſqu'elle eſt foible.

On peut encore appliquer cette théorie à la détermination d'une queſtion importante, relativement aux Vaiſſeaux à trois ponts; c'eſt de ſavoir s'il n'eſt pas avantageux de ne jamais les faire pour porter 7 mois de vivres; j'ai été conduit par la théorie, à penſer qu'on ne doit pas les faire pour plus de 5 mois de vivres, ſi l'on ne veut pas préjudicier trop à leurs autres qualités, ou les faire ſur des dimenſions outrées.

99. J'ai enſuite traité du roulis. Cette matiere offre pluſieurs conſidérations : le Vaiſſeau peut avoir plus ou moins de facilité à prendre du mouvement, ſelon que ſes différens poids ſont plus éloignés du centre de ce mouvement, qui eſt le centre de gravité : elles ont de plus grands ou de moindres arcs à décrire dans les roulis de même étendue. Ces mêmes poids y réſiſtent d'ailleurs ſelon leurs diſtances au point d'appui, par le principe général de méchanique, qui eſt la baſe de la théorie du centre de gravité. Cette réſiſtance, qui eſt la même quand il faut paſſer de l'état du mouvement à celui du repos, eſt comme le produit de chacun des poids par le quarré de leurs diſtances à l'axe de longueur paſſant par le centre de gravité, c'eſt ce qu'on nomme *moment d'inertie*. D'un autre côté, plus le Navire a de ſtabilité, plus il eſt forcé de revenir à ſa ſituation naturelle quand quelque cauſe l'en a déplacé; ainſi *la difficulté réelle que le Navire éprouve à changer d'état, eſt comme ſon moment d'inertie total, diviſé par la ſtabilité.* On a coutume de la rapporter à la longueur d'un pendule qui feroit ſes oſcillations dans le même temps que le Vaiſſeau.

Une autre conſidération très-importante, c'eſt celle du mouvement des vagues, qui occaſionnent les balancemens du Vaiſſeau. C'eſt par la combinaiſon des rapports des oſcillations particulieres des vagues & des Vaiſſeaux, qu'on peut expliquer tout ce qui a rapport aux roulis, & s'en former une idée exacte; ainſi cette partie de la théorie peut être regardée comme nouvelle. Voici un exemple de la différence qui ſe trouve dans les conſéquences qui ſe tirent, lorſque l'on conſidere le roulis, abſtraction faite des vagues, ou avec la liaiſon

qui ſe trouve néceſſairement entre elles & ce mouvement des vaiſſeaux. Dans la premiere maniere de l'enviſager, la vivacité du roulis eſt toujours accompagnée d'une diminution dans ſon *amplitude* ou étendue, & parconſéquent les roulis les plus prompts ſeroient les moins fatiguans pour la mâture; car la totalité des arcs décrits en même temps ſeroit la même, & quand le roulis ſeroit plus prompt, il y auroit un moindre éloignement de la verticale; ainſi la mâture étant plus à plomb, ſeroit moins fatiguée. Un démâtement total arrivé par les ſuites de la foudre dans la *Malicieuſe* que je commandois en 1760, m'a donné la facilité d'étudier cette partie, & de reconnoître la fauſſeté de la conſéquence ci-deſſus. J'ai vu qu'un Vaiſſeau qui a des roulis très-prompts, peut les avoir d'une grande étendue, & j'ai calculé la différence que la réſiſtance de l'air, occaſionnée par le mouvement de la mâture y avoit apportée.

Comme les flottaiſons changent conſidérablement dans les roulis, la forme des hauts doit contribuer à leur vivacité : ils doivent être d'autant plus prompts, que le Navire a moins de rentrée. Cet examen a fourni quelques regles de conſtruction; *lorſqu'un Navire par ſon peu de bricole* (ou poids ſupérieur), *par la qualité de ſon chargement & par la forme de ſes fonds, a beaucoup de ſtabilité, il doit avoir plus de rentrée pour rendre les mouvemens du roulis plus doux. A la vérité cette rentrée a des inconvéniens réels pour l'appui des mâts, le ſervice du canon &c. mais d'un autre côté rien ne fatigue plus la mâture que des roulis fort vifs; pour éviter cette néceſſité d'une rentrée conſidérable, il ne faut pas trop diminuer la bricole des Navires : des Frégates de très-grande dimenſion ne doivent donc pas être ſans canons de gaillards. Lorſqu'elles porteront une artillerie proportionnée à leur grandeur, la ſtabilité diminuée un peu par cette diſpoſition, devra être augmentée par la plus grande étendue des flottaiſons inclinées; alors on retirera tous les avantages poſſibles, les roulis ne ſeront pas plus prompts, les mâts ſeront mieux tenus, le Navire aura plus de force, & le ſervice de l'artillerie ſe fera plus aiſément, ſans que la marche puiſſe être altérée.* Mais ce

dernier article ne dépend pas des principes exposés ci-dessus. (1)

100. On pardonnera sans doute une observation que j'ai eu lieu de faire dans la *Malicieuse* lorsqu'il arrive des démâtemens; les livres de manœuvres conseillent en général de mâter en avant quelques mâts de hune, pour avoir la facilité d'arriver, & on a coutume de commencer par là. Cette regle est bonne lorsqu'on a beaucoup de temps pour remédier à ces accidens; mais quand on est fort près d'une côte, que la mer est très-grosse, la difficulté qu'on éprouve à mâter sur le gaillard d'avant, rend cette manœuvre lente & dangereuse pour les équipages; ainsi il est préférable de mâter vers le milieu du Navire; il en tient bien mieux le vent, & les points d'appui qu'on a pour cette opération, la rendent facile: si par hazard, faute d'avoir mâté assez en avant, malgré les voiles légeres qui peuvent se placer sur l'avant, le Navire ne gouvernoit pas, il faudroit alors jetter le Navire sur l'arrierre, en pompant une partie de l'eau ou par le moyen des canons, &c.

Jai cru devoir parler des vagues: cette partie a un rapport non seulement avec la construction, mais encore avec le pilotage. Le mouvement des surfaces de l'eau proportionné à celui du vent, est la cause du peu de longueur que l'on donne à la *ligne de lock* qui sert à mesurer le chemin. Ce n'est pas seulement sous les tropiques, qu'est le mouvement général des eaux; il produit un effet plus sensible, parce que le vent étant presque toujours de l'arriere ou à peu près, on le ressent tous les jours de la traversée; mais il est le même toutes les fois que l'on va vent arriere. Il est aisé de s'en assurer: si l'on donnoit à la ligne de lock 49 pieds 3 pouces, pour que mouillée, elle revînt à environ 47 pieds & demi, dans toutes les routes où l'on est vent arriere, hors dans les vents presque calmes, il y auroit toujours au moins un neuvieme d'erreur sur la quantité de chemin. Ce qui a rapport au pilotage a été traité dans un mémoire particulier.

(1) Lorsque les vivres & lest sont donnés dans les Navires de guerre, la variation qu'on peut attendre d'une transposition latérale de poids pour la vivacité du roulis, est peu considérable: on a cru cette observation importante; c'est par une diminution de stabilité, qu'on peut le plus diminuer la vivacité des roulis.

101. On a donné des tables qui marquent le rapport de la vîteſſe du vent aux vagues; diverſes colonnes de cette table ſont d'après Newton. On a hazardé quelques principes nouveaux, par rapport à l'élévation de l'eau ſur les côtes; mais cette colonne, qui n'a rapport qu'avec l'hydraulique, ne doit être regardée que comme l'énoncé de quelques vues utiles; l'importance dont eſt la connoiſſance de cette ſcience, nous engage à répeter, d'après le mémoire ci-deſſus cité, que la profondeur naturelle des canaux ou rivieres, dans leſquels l'écoulement des eaux d'un pays, demande que la ſurface ait une vîteſſe de 5 pieds par ſeconde, eſt d'environ 13 pieds & demi. Si le fond n'eſt pas dur, l'eau creuſera le canal à cette profondeur; ſi le fond eſt dur, un tel canal ſera difficile à maintenir, l'eau s'y élevera & elle fera effort contre les bords.

On n'a cru devoir ſe refuſer à aucune vue utile.

102. J'ai ſuivi principalement l'hypothèſe, où la réſiſtance eſt en raiſon du quarré de l'obliquité ou du ſinus d'incidence; ainſi la baſe de cette théorie eſt la même qu'on trouve dans les autres traités; mais j'en differe eſſentiellement pour tout ce qui regarde la poupe, ou plutôt pour toutes les parties à couvert de l'impulſion des fluides. J'ai trouvé que quelque puiſſe être la loi qu'elle ſuit, la poupe doit être calculée comme la proue. Comme cette hypothèſe ſe trouve révoquée en doute, que pluſieurs expériences faites principalement par M. de Borda, obſervateur exact, habile & non prévenu, y ſemblent oppoſées, jai cru devoir examiner en même temps dans les problêmes principaux, celle où l'impulſion eſt comme les ſinus d'incidence.

Ce ſont principalement les faits qui arrivent journellement dans la navigation, qui m'ont perſuadé que l'impulſion ſuit la loi du quarré des ſinus d'incidence. On ſait que des Vaiſſeaux en tiennent d'autres vent arriere, avec les huniers ſur le ton & même de temps en temps cargués; ce qui montre que les réſiſtances ſont alors dans le rapport de 4 à 1. Or nulles loix que celle du quarré du ſinus d'incidence, ou même des *fonctions* plus élevées ne peuvent donner un pareil rapport de réſiſtance. J'ai calculé les plans de plus d'une cinquantaine de Navires, & quelques uns dans toutes les poſitions même inclinées, les calculs & obſervations m'ont auſſi fait reconnoître que la maſſe n'entre pour rien dans la marche parvenue à l'uniformité;

doute

doute que je m'étois formé. J'ai vu d'ailleurs que dans les très-belles mers, les Frégates & Corvettes bien en aſſiette, ont ſouvent l'avantage de marche dont j'ai parlé.

J'ai reconnu enſuite, que quelqu'hypotheſe que l'on ſuive, ou ſi l'on veut, pourvu que l'obliquité diminue la force de l'impulſion ſelon quelque rapport que ce puiſſe être, lorſque l'on fait dépendre la marche de la proue ſeule, on doit pour rendre la marche plus avantageuſe, augmenter l'enfoncement des Vaiſſeaux ſur l'arrierre, ou la différence de tirant d'eau : comme la proue eſt couverte par le maître couple, à la réſerve de la quille, & de quelques parties de façons qui n'ont pas plus d'épaiſſeur, il y a moins de réſiſtance, & par conſéquent la vîteſſe du Vaiſſeau doit augmenter. Il n'a pas été difficile de voir que ce réſultat eſt contraire à l'expérience. En calculant la poupe comme je fais, ſi on diminue la réſiſtance ſur l'avant, le défaut de ſoutien de l'arrierre augmente, & la réſiſtance étant compoſée des deux parties, l'avantage d'augmenter la différence de tirant d'eau eſt nul ; il eſt donc probable que ces calculs ont lieu dans les Vaiſſeaux. Aſſurons nous encore davantage de la néceſſité de calculer l'arriere.

103. Si le *point vélique* dépend du calcul ſeul de l'avant ; ce point qui doit être le centre de la poſition des voiles, ſera abſolument indépendant du prolongement de l'arriere. Dans les Navires où il y a deux maîtres couples, tous les deux en avant du milieu, ce point ſera certainement fort en avant : il faut donc examiner ſi le point vélique réel s'accorde avec ce point calculé : s'il y a une très-grande diſtance dans cette hypotheſe, & ſi au contraire en calculant l'arrierre & l'avant, on trouve le lieu réel du point vélique, on ne peut négliger l'arrierre

Si lorſqu'on change la différence de tirant d'eau, en ne calculant que l'avant, le point vélique change très-peu, pendant que dans le fait il devient très-différent, & ſi en calculant en même temps l'arrierre, on retrouve les poſitions réelles, il eſt évident qu'il faut calculer l'arrierre. On doit pour calculer ce point, ſuppoſer la mer belle, & une foible dérive, pour diminuer les difficultés du calcul.

Ayant voulu faire quelques expériences ſur des petits corps,

jai trouvé beaucoup de variétés, & effectivement tout montre que c'eſt alors que la loi d'impulſion eſt le plus troublée ; j'ai donc cru que les obſervations faites ſur les Vaiſſeaux, ſont les véritables expériences pour la conſtruction. Il eſt pareillement reconnu que des Vaiſſeaux ſemblables ayant le même tirant d'eau, ont des différences de marche d'un petit vent, principalement ſi la voilure eſt la même en quantité, mais eſt différemment placée ; c'eſt ce qui forme l'idée attachée à l'expreſſion, un *Vaiſſeau eſt bien ou mal en aſſiette* ; le Vaiſſeau bien en aſſiette a la moindre réſiſtance ; c'eſt celle que nous avons calculée ; le Vaiſſeau mal en aſſiette a une plus grande difficulté à marcher ; c'eſt ce que je nomme *réſiſtance accidentelle*. Ces différences de marche ſont ſouvent conſidérables, ſur-tout dans les vents foibles, & on ne peut l'attribuer à ce qu'un Vaiſſeau eſt plus jetté ſur l'avant que l'autre ; qu'on calcule pour un Vaiſſeau qui fait deux tiers de lieue vent arrierre, on verra que la différence des voilures, ne produit qu'un effet inſenſible pour changer la ſituation du Naviré. Tels ſont les faits principaux qui ont dirigé mes idées.

J'ai dit un mot de ce qui arrive dans les groſſes mers ; cette partie n'eſt pas ſuceptible de préciſion ; mais une idée générale eſt utile, d'autant que les regles de conſtruction doivent être modifiées, puiſqu'il faut plus compter ſur la ſtabilité pour bien marcher quand la mer eſt groſſe & ſe relever d'une côte, que ſur la diminution de réſiſtance. C'eſt une théorie qui avoit été négligée juſqu'ici.

104. On pouvoit deſirer de connoître quelles ſont les formes de proue qui éprouvent la moindre réſiſtance du fluide ; je les ai calculées ſelon l'hypothèſe des quarrés, & de la raiſon ſimple du ſinus d'incidence : ces proues ſont peu différentes ; mais comme elles auroient peu de ſtabilité, j'ai cherché quelle ſeroit la proue de la plus grande vîteſſe, les coupes étant circulaires, dans l'hypotheſe d'un chargement homogene, & qu'on augmente les voiles dans le ſens de la largeur. Quoique par-là le problême ſoit déterminé relativement à la pratique, il peut être regardé comme indéterminé, quand on propoſe ſeulement de déterminer la proue de la plus grande vîteſſe,

c'eſt-à-dire, celle qui peut porter le plus de voiles eu égard à ſa réſiſtance. Cette proue elle-même ne peut être d'aucun uſage, parce qu'elle auroit trop peu de ſtabilité. Pour ramener les divers théorêmes à des vues utiles autant qu'il étoit poſſible, j'ai cru qu'il vaudroit mieux réſoudre le problême ſuivant. Les capacités & les deux axes du Vaiſſeaux étant données, trouver la figure qu'ils doivent avoir pour que leur réſiſtance ſoit auſſi petite qu'il eſt poſſible.

Si on propoſoit un Navire demi circulaire qui auroit 31 pieds 6 pouces de large & 119 de long, 795 tonneaux de déplacement, (nous prenons ici les mêmes données de la *Sirene*), & ſi on vouloit chercher combien elle pourroit diminuer au plus la réſiſtance, on commenceroit par lui ſuppoſer 126 pieds de long, ou la longueur quadruple de la largeur, ſelon la formule du (n° 65): on ſuppoſeroit cette partie un demi cylindre, le déplacement ſeroit augmenté de 98 tonneaux, ou ſeroit 893; celui du demi cylindre total ayant 31 pieds 6 pouces de diametre & 126 de longueur, ſeroit 1754, qu'il faut réduire au terme de 960, que nous avons pris pour exprimer ces ſolidités; alors 1754 eſt à 960, comme 893 eſt à 489, qu'on cherche dans la formule de ce n°. On voit que la largeur ſe ſoutient pendant les ſept-dixiemes d'une largeur totale, & qu'ainſi la largeur du conoïde eſt à la longueur, comme 1 eſt à 3. 3, & à un tel conoide, on trouve par la table du (n°. 61), que la ſous tangente eſt 4. 3, & qu'un tel conoïde diminue la réſiſtance, comme 14 eſt à 1, & la ſurface de ce maître couple étant 390, elle ſe réduit à un plan de 28 pieds qui eſt à peu de choſe près la réſiſtance de *la Sirene*; car on trouve environ 29 pieds & demi, ce qui peut paſſer pour l'égalité. Quand on fait attention à tous les autres avantages de la figure adoptée par la pratique, on voit qu'elle ne laiſſe rien à deſirer.

105. L'impulſion du vent paroît auſſi agir dans la raiſon des quarrés des ſinus d'incidence; mais j'ai encore quelques doutes: les expériences de Newton avec les globes tombans, donnent la loi du quarré; celles qu'il a faites avec les pendules donnent la loi du ſinus, enfin la comparaiſon des vîteſſes des Vaiſſeaux donneroient une loi moyenne, mais beaucoup plus appro-

chante de celle du quarré. J'ai ſuppoſé les efforts de l'air proportionels aux ſurfaces; parce que, quoique j'aie trouvé que des ſurfaces exprimées par 81, avoient par rapport à celles exprimées par 16, un rapport de réſiſtance qui étoit à peu près celui de 1 à 6, cependant cette différence d'effort eſt d'autant plus grande que l'air eſt moins libre, & l'air en mer ayant la plus grande liberté, j'ai conclu delà que la différence devoit être nulle. Cela m'a montré combien ces expériences ſont difficiles à faire. J'ai calculé différentes vîteſſes des Vaiſſeaux qui ſont aſſez conformes à ce qui a lieu généralement; je dis généralement, car il y a pluſieurs cauſes de variations dont j'ai parlé. J'aurois donné dans cet ouvrage les tables de M. Euler, ſi j'avois pu éviter des répétitions en traitant ce ſujet d'une autre maniere: j'ai donc tâché de me borner à un genre de calcul facile & que tout le monde pût ſaiſir; d'ailleurs il faut faire attention à la mâture, à la coque du Vaiſſeau, ce qui troubleroit les rapports indiqués dans ces tables.

Tout ce qui a rapport au moment de l'effort de l'eau pour faire tourner le Navire, a été regardé comme une partie très-importante, & a en conſéquence été traité avec le plus grand ſoin. C'eſt à détruire cet effort par le vent, lorſque l'on veut ſuivre une route conſtante, qu'on doit s'appliquer, & cela ſe fait en placant les voiles en équilibre autour du point *vélique* ſitué dans le ſens de la longueur: on doit faire la même choſe dans le ſens de la hauteur; mais il ſe préſente ici une réflexion très-importante, c'eſt que quelque ſyſtême que l'on prenne, un Vaiſſeau long aura ſon point vélique plus élevé, car ſa hauteur dépend du rapport des impulſions directes & verticales; on peut même regarder comme un à peu près ſuffiſant, la regle ſuivante; que ces impulſions augmentent comme les quarrés des longueurs, ou un peu moins: enſorte qu'un Navire qui a un dixieme de plus de longueur, a ſon point vélique plus élevé de deux 15.es c'eſt environ 8 pieds pour *la Sirene*: mais la mâture à cauſe de ſa tenue, ne peut excéder de certaines limites; & ſi elle n'a pas aſſez de hauteur, le Navire perdra de ſa marche vent arriere; à la vérité il y a quelques moyens d'y remédier par l'arrimage; par exemple, on peut caler davantage un

tel Navire, mais tous les moyens d'y remédier ont des inconvéniens; enfin c'eſt une regle générale de conſtruction; *des Vaiſſeaux longs doivent avoir une mâture haute.*

106. Il reſte à rendre compte de la facilité de gouverner: tout le monde convient que c'eſt une qualité très-importante; il eſt eſſentiel de définir ce qu'on doit entendre par bien gouverner, c'eſt tourner dans le moindre temps & eſpace poſſibles; ſi ces deux qualités ne ſont pas réunies, c'eſt principalement tourner dans le moindre eſpace poſſible; il ſemble qu'en France on ait méconnu l'importance de cette qualité, car on fait tout ce qu'il faut pour ne tourner que dans un très-grand eſpace.

1° Le gouvernail des Navires de ligne Anglois, eſt en général de moitié plus grand que celui des François. 2° Si on compare des Navires qui aient une longueur différente, du reſte ſemblables, la réſiſtance à prendre du mouvement ſera comme le quarré des longueurs, & quand le mouvement eſt accru à un certain point & approche d'être uniforme, elle eſt comme le cube des longueurs.

Suppoſons un Navire anglois de 120 pieds de long, & un françois de 132, ayant même largeur, la facilité de gouverner ſera en raiſon directe des ſurfaces du gouvernail, & inverſe du cube des longueurs, les viteſſes étant les mêmes; elle ſera donc comme 3, diviſé par le cube de 10 eſt à 2 diviſé par le cube de 11, ou comme 2 eſt à 1, les temps pour tourner ſeront 1 & 1. 4. Comme le chemin parcouru par le Navire plus long doit être plus conſidérable, on voit qu'en général les Navires longs éprouvent une plus grande variation dans la poſition de leurs points véliques. Suppoſons donc que dans un Navire françois, la force du gouvernail puiſſe compenſer 8 pieds de différence entre le centre des voiles & des impulſions, la ſurface du gouvernail anglois en compenſera 12. Suppoſons maintenant que le plus grand chemin du Navire françois & ſa longueur, porte le point vélique de 5 pieds plus en avant que l'état d'équilibre, le gouvernail n'agira plus qu'avec une force de 8 moins 5 ou 3; ſi le point vélique du vaiſſeau anglois ne varie que de 3 pieds, le gouvernail agira avec une force de 12 moins 3 ou 9, & la facilité de gouverner dans le Navire anglois, ſera qua-

druple de celle du Navire françois, ſi le point vélique varioit de 6 pieds pour le Vaiſſeau françois & de 4 pour l'anglois, la facilité de tourner ſeroit 3 & 16, l'eſpace pour tourner ſeroit triple. C'eſt principalement pour les mouvemens d'arrivée que cette obſervations a lieu; nous en tirerons cette regle importante pour la conſtruction, *les gouvernails des Navires en France doivent être rendus égaux à ceux des anglois*, ſans cela on aura un déſavantage très-réel dans les combats. On peut en déduire diverſes regles de manœuvres; on ne doit pas non plus oublier cette regle d'arrimage; *pour bien gouverner, les poids les plus denſes doivent être rapprochés du centre du Navire*, regle qui a été démontrée en parlant des mouvemens d'inertie.

107. Enfin on a traité des rames; ce n'eſt qu'après des méditations ſur les ouvrages de MM. Euler & Bouguer qu'on penſe avoir traité ce ſujet d'une maniere ſatisfaiſante; on penſe que ſi un Navire fait 1500 toiſes par heure, la partie extérieure de la rame doit être à l'intérieure, comme 2 à 1; ſi l'on fait 3000 toiſes, ce doit être comme 3 à 1; ſi l'on peut faire 4500 toiſes, ce doit être comme 4 a 1. Il y a moins de riſque à excéder en longueur, qu'à faire une rame trop courte: or ſi des rameurs ſont très-vigoureux, ce même Navire qu'on croyoit ne devoir faire que 4500 toiſes, en fera 4800. Quand on rame à grands coups, mais plus diſtans, l'aviron doit être plus long; on a donc cru devoir donner une proportion ſimple & qui puiſſe s'accorder aux diverſes forces de rameurs & à l'étendue qu'on peut donner commodément aux palles.

Enfin on penſe qu'aucune maniere d'appliquer la force des hommes pour faire avancer un Vaiſſeau, ne peut être plus avantageuſe que les rames. Il y aura toujours néceſſairement une augmentation de bras de levier correſpondant à la vîteſſe du Navire par rapport à celle du rameur, & il faudra toujours une perte de temps pour que la machine revienne dans ſa premiere ſituation & puiſſe agir.

Tout le monde connoît aſſez les rames, pour ſavoir que leurs point d'appui ne peut être conſidérablement élevé au deſſus de l'eau, parce que la partie intérieure s'éleveroit d'une quantité qui en ſeroit à peu près la moitié, & plus exactement

dans le rapport des parties intérieures & extérieures : comme en les retirant de l'eau il faut qu'elles viennent à peu près horizontales, il en réſulteroit de grands mouvemens pour le rameur. Ainſi la hauteur de 5 à 6 pieds pour ce point d'appui ſeroit trop conſidérable dans les Galeres ; car quoiqu'on remédie en partie à la hauteur de l'extrémité de la partie intérieure de la rame par la plus grande rondeur, ou *tonture* des beaux & ponts de ces Navires, les rameurs qui y ſont placés ayant de trop grands mouvemens à prendre, ſeroient preſque ſans force.

Cette réflexion fixe l'idée qu'on doit ſe faire des anciennes Galeres : il eſt étonnant même qu'il ait pu y avoir quelqu'obſcurité, quand on conſidere ce qu'en a dit Thucydide, un des plus judicieux écrivains de l'antiquité, & qui lui même a commandé les flottes des Athéniens.

« Cependant (*dit-il*) les flottes qui ont été armées long-» temps après la guerre de Troye, n'étoient compoſées que de » peu de trirêmes ; c'étoit principalement des Navires qui » avoient 50 rameurs, (*c'eſt-à-dire 25 de chaque côté*) & autres » Navires longs, tels que ceux qui exiſtoient avant cette époque. » Peu avant la guerre des Medes & la mort de Darius, Roi des » Perſes, celui qui fut ſucceſſeur de Cambyſe, les tyrans de » Sicile & les Corcyréens eurent beaucoup de trirêmes, & les » flottes de ces derniers étoient conſidérables dès avant l'expé-» dition de Xérxès. Les Eginetes, Athéniens & autres peu-» ples, n'avoient encore que des flottes peu nombreuſes, for-» mées pour la plus grande partie de Navires de 50 rameurs, » & ce ne fut que lorſque Themiſtocle l'eut perſuadé aux Athé-» niens qui étoient en guerre contre les Eginetes, & atten-» doient l'invaſion de Xerxès ; encore les Galeres n'étoient » elles pas entiérement couvertes (*ou le pont ne régnoit pas* » *tout du long*). »

Après ces réflexions, comment a-t-on pu ſe faire une idée de triples étages, dont tout montre l'impoſſibilité abſolue.

Les rameurs nommées *Thranites* qui étoient à l'extrémité de la rame, ayant plus de fatigue que les autres, avoient une paie particuliere & de ſurcroît à paie générale qui étoit une drachme par tête : au lieu de cette explication naturelle,

même à préſent, puiſqu'on y place les rameurs les plus grands & les plus robuſtes, on a penſé que ces Thranites avoient des rames plus longues.

On peut voir par Thucydide & ſon continuateur Xenophon, que ces trirêmes avoient environ 100 rameurs ou hommes de mer, & 50 ſoldats peſamment armés ou gens de trait.

Les trirêmes furent enſuite remplacées par les quinquerêmes qui conſtituerent la force des armées navales; c'eſt principalement chez les Carthaginois, & dans les guerres entre ceux-ci & les Romains qu'on les retrouve. Néceſſairement plus fortes de bois & pouſſées avec une plus grande force, car elles avoient environ 300 hommes de mer, elles avoient un grand avantage ſur les trirêmes pour les couler bas: on trouve même quelques ſeptemrêmes pour les Navires des Généraux. C'eſt ce qu'on peut voir dans Polibe & le periple d'Hannon. Chez les Grecs, & dans ces temps, on déſignoit les Galeres par le nombre d'hommes employés ſur chaque banc ou rame. Il y eut enſuite quelque variation: on déſigna le nombre des bancs: cette double acception a encore lieu dans les devis des conſtructeurs de Galeres: c'eſt ſuivant cette deuxieme ſignification qu'on doit expliquer les 40 remes &c. Après la deſtruction de Carthage, les Romains n'eurent plus de marine militaire; les ſeules nations vers l'Aſie mineure & l'Egypte continuerent à ſe ſervir de ces Galeres; on voit dans la guerre d'Alexandrie décrite par Céſar, que les Rhodiens & autres peuples voiſins avoient fourni celles qui compoſoient ſa flotte: il n'y avoit, dit-il que cinq quinquerêmes, 10 quadrirêmes, les autres étoient de moindre grandeur & la plupart découvertes. Ce ſont les livres des Généraux qui forment les vrais monumens: quelle idée ſe feroit-on de notre marine par la vue des armes de la ville de Paris. Au reſte ces deſcriptions de Généraux du premier ordre, ſont toutes conformes au bon ſens, aux loix de la méchanique; les trirêmes anciennes ſont nos *demi-Galeres* actuelles, les quinquirêmes ſont les Galeres ordinaires.

108. On peut maintenant, en faiſant une application des principes ci deſſus, réſoudre diverſes queſtions importantes; on a par exemple reconnu que la ſtabilité des Vaiſſeaux ſemblablement

blement chargés, eſt proportionnelle au quarré quarré de leurs dimenſions, puiſque la peſanteur qui eſt comme le cube, agit avec un bras de levier proportionnel à ces dimenſions. L'effort du vent dans la méthode ordinaire de mâter, eſt égal au quarré des dimenſions, & agit avec un bras de levier qui en ſuit la raiſon ſimple; ainſi ſon moment eſt comme le cube des dimenſions; il s'enſuit que la ſtabilité étant comme la quatrieme puiſſance, & le moment de l'effort du vent comme le cube, la force relative des Navires pour porter la voile, eſt comme les dimenſions ſimples. On a remarqué que les circonſtances du mouvement du Navire, ne ſont aucun changement dans de tels Navires ſemblables & ſemblablement chargés: ſi donc, on vouloit que la ſtabilité fût la même en conſervant les mêmes largeurs de voiles, il faudroit que les hauteurs de la mâture fuſſent comme la racine du cube des dimenſions; car alors l'étendue des voiles compoſée de la largeur proportionelle aux dimenſions & de la hauteur, ſeroit comme la racine quarrée de la puiſſance 5, & le bras de levier étant comme la racine de la puiſſance 3, l'effort ſeroit proportionnel à la puiſſance 4 des dimenſions, & par conſéquent à la ſtabilité.

Tout le monde ſait que pour avoir la racine quarrée du cube d'une dimenſion, on prend la moitié de ſon logarithme qu'on multiplie par 3. Je ſuppoſe maintenant qu'un Vaiſſeau de 40 pieds de large ayant ſa mâture donnée, on cherche celle que doit avoir le Navire de 20 pieds ſuppoſé ſemblable: le logarithme de 40 eſt 160 206, celui de 20 eſt 130 103; la moitié de la différence ou 030 103 étant triplée, on a 045 154 logarithme de 2. 83; ainſi la mâture du Navire de 20 pieds de large eſt à celle du Navire de 40 comme 1 eſt à 2. 83, ſuppoſant que le mât d'hune du Vaiſſeau de 40 pieds ſoit de 60 pieds, celui du petit Navire n'aura que 21 pieds de hauteur. Pour les mâts majeurs on ne calculeroit que la partie au deſſus du pont; telle ſeroit la ſolution ſi les Vaiſſeaux étoient ſemblables & ſemblablement chargés; encore ſeroit-il néceſſaire d'y faire une modification. Le poids de la mâture ſeroit conſidérablement diminué, dès-lors le Navire ne ſeroit plus ſemblablement chargé; car la mâture étant moins

haute dans le rapport de 10 à 7, la groſſeur des mâts devroit diminuer dans celui de 4 à 5 : le poids de la mâture ſeroit moindre de plus de moitié, & ſon moment ne ſeroit pas même le tiers de ce qu'il eſt. Un tel Navire devroit donc avoir une mâture plus forte que celle qu'on a trouvée ci-deſſus, puiſqu'il ne ſeroit pas ſemblablement chargé dans cette partie.

Mais ce n'eſt pas la ſeule choſe à conſidérer, on ne voit aucuns petits Vaiſſeaux ſemblables aux grands pour le chargement; un Navire de 20 pieds de large a 10 canons de 4, leſquels étant ſuppoſés de l'ancienne artillerie, peſent 115 quintaux, le Vaiſſeau de 40 pieds n'auroit proportionnellement qu'un poids de 920 quintaux, il en a 2520 qui indépendamment du plus grand poids ſont proportionnellement plus élevés, il y a un pont de plus; ainſi la regle précédente qui avoit pour objet de proportionner l'effort du vent à la ſtabilité, mais dans la ſuppoſition que tout eſt ſemblable, & qu'ainſi le grand Navire a plus de ſtabilité que le petit n'a plus lieu, ou plutôt elle eſt diverſement modifiée dans ſon application; on voit journellement des Frégates, des Corvettes même porter la même voilure que les Vaiſſeaux, & ſi elles ſont obligées de ſerrer leurs voiles hautes les premieres, c'eſt principalement à cauſe de la dureté des tangages & de la fatigue de la partie de l'avant qui en réſultent. La queſtion qu'on doit examiner n'eſt donc pas de ſavoir ſi les petits Navires en général, peuvent porter la même voilure que les Vaiſſeaux, ſur-tout dans la plus grande partie des temps propres à la navigation; mais s'il eſt avantageux de diminuer la mâture, en compenſant cette diminution par un allégiſſement.

On penſe bien que ſi par haſard un petit Navire eſt mal conſtruit & a peu de ſtabilité, il doit avoir une moindre mâture; mais il ne peut être queſtion de ces exceptions. La queſtion enviſagée d'une façon générale, ſe rapporte aux Navires marchands, comme à ceux de guerre; mais par rapport à ces premiers, en vain propoſeroit-on de diminuer le port des Navires, tous les Négocians y verroient une perte aſſurée du

côté du fret. Il s'agit donc uniquement des Navires de guerre & alors la queſtion ſe réduit à ſavoir ſi l'allégiſſement eſt poſſible & s'il eſt utile.

Il eſt évident qu'il ne peut porter que ſur une partie du leſt; car il faut bien que les équipages aient leurs vivres, leur eau, & pour le leſt on ne peut le retrancher en entier; car il en faut pour la ſolidité de l'arrimage, pour ſe mettre en aſſiette, & il doit y en avoir juſqu'à la hauteur des *porques*. On a pris pour baſe les Vaiſſeaux de 74 canons, auxquels on ſuppoſe 180 tonneaux de leſt; les Frégates de Breſt ont à proportion une moindre quantité de leſt, quand elles ont 3 mois d'eau & 6 mois de vivres: de plus il ſeroit difficile de réduire les Frégates de 31 à 32 pieds de large, à avoir moins de 45 tonneaux de leſt. Ce ſeroit un allégiſſement de deux pouces, qui feroit une diminution de réſiſtance d'un vingtieme, & la diminution de voilure ſeroit un ſeptieme; enfin cette diminution de voilure ſeroit la même que ne pas avoir de perroquets, & diminuer les mâts d'hune de la valeur d'un ris.

Des changemens ſi conſidérables ne peuvent porter ſur un fait iſolé; une Frégate dont on a diminué la mâture & qu'on a allégie en même temps a mieux marché: mais *la Thétis* qui avoit paſſé pour mauvaiſe voiliere, a bien marché après que ſa mâture a été augmentée: voilà des faits en oppoſition avec d'autres; & je ne citerai ce dernier auquel j'ai eu part, que pour montrer qu'on doit éviter de conclure par un fait ſeul, la néceſſité de grands changemens. Plus j'ai examiné l'état de la conſtruction, plus j'ai trouvé que les diverſes conſidérations ſont conciliées avec intelligence, au moins lorſqu'on trouve un uſage établi. A la vérité cet uſage général ne peut abſolument convenir à tous les Navires de tous les genres poſſibles, mais ce ne ſont jamais que des modifications légeres dans les regles qui peuvent avoir lieu, & non un changement total de regles & d'uſages. Enfin ſi on en faiſoit l'eſſai ſur une Corvette de 22 pieds de large conſtruite à l'ordinaire, un tel Bâtiment où les qualités ſe manifeſteroient bien plus, n'auroit qu'une marche très-déſavantageuſe, parce qu'il n'y auroit nul rapport entre la poſition du point vélique & celle de la mâture; comme cet

eſſai ne ſeroit pas fort coûteux, ſi on ſe déterminoit à le faire; il faudroit conſerver les mêmes groſſeurs de bas mâts, parce qu'on ſeroit obligé d'avoir toujours à peu près la même quantité de voiles pour ſe relever d'une côte, & par conſéquent je penſe qu'ils devroient être faits de bas mâts à l'ordinaire, & de mâts d'hune fort petits, ſans quoi il ne pouroient s'orienter que très-difficilement au plus près

109. Il ſe préſente une autre queſtion ſur les mâtures des Navires. On ne peut mieux l'expoſer qu'en donnant l'extrait du Mémoire de M. de Briqueville qui l'a propoſée. Quand un Vaiſſeau eſt armé & équipé, il eſt muni de pluſieurs pieces de mâture de rechange, pour pouvoir porter un prompt remede aux accidens, ſoit de navigation, ſoit de combat qui peuvent arriver dans cette partie.

Il ne peut être qu'avantageux de donner un uſage plus étendu à ces pieces; ce qui poura avoir lieu ſi le Vaiſſeau eſt conſtruit en conſéquence.

On ſait que l'effort du vent ſur les voiles doit être oppoſé à celui de l'eau, ou que les voiles doivent être en équilibre autour du point vélique, & cette diſpoſition de mâture eſt en total entre les mains du conſtructeur, puiſque c'eſt lui qui la place & donne les dimenſions qu'il croit convenables aux différentes pieces qui la compoſent, & qu'il peut ordonner les différentes pieces de mâture ſuſceptibles de rechange, de façon à y trouver plus de reſſources.

Les Vaiſſeaux ne pouvant porter des bas mâts & baſſes vergues de rechange, on ne peut augmenter les reſſources pour ces pieces; on doit ſe contenter de les faire d'une façon convenable au Vaiſſeau & au reſte de la mâture; mais on fera les mâts d'hune & de perroquet égaux, ainſi que leurs vergues & celle de civadiere, les mâts de perroquet de fougue & boute-hors de beaupré ſeront égaux, &c.

Cette égalité entraîne celle des tons du grand mât & du mât de miſaine, hunes, barres, chouquets, &c. Il y auroit à la vérité un peu plus de difficulté à remâter le petit mât d'hune, & on y remédieroit ſi cela ſe trouvoit néceſſaire, en faiſant un écoutillon qui permettroit au pied du mât d'hune de deſcendre ſur le pont;

Enfin on n'éxécuteroit cette mâture que lorſqu'on en fait de nouvelles pour éviter une perte de pieces auſſi eſſentielles; on ne feroit même ce changement dans les Navires actuels, que lorſqu'il ne ſeroit pas néceſſaire de déplacer les mâts majeurs.

Cette eſpece de mâture a été exécutée pour la premiere fois dans la Corvette, *la Guirlande*; il ſemble que le Vaiſſeau *la Ville de Paris* a auſſi été mâté ſuivant ces principes; depuis ce temps on en a mâté pluſieurs qui ont eu le total des mâtures du grand mât & du mât de miſaine égal.

Il eſt certain que les conſtructeurs ayant toute la liberté poſſible & pouvant balancer leurs voiles, les Navires peuvent gouverner également.

Comme ils peuvent auſſi porter le mât de miſaine plus en arriere, diminuer ſa hauteur; les mâts d'avant peuvent être autant ou plus appuyés qu'ils ne le ſont dans le genre de mâture actuel.

Pour examiner cette propoſition, apportons un exemple & arretons nous à une combinaiſon dans la variété infinie de celles qui peuvent ſe préſenter. Suppoſons un Vaiſſeau de 80 canons, mâté ſuivant le ſyſtême actuel; ſuppoſons maintenant qu'on ôte 523 pieds de ſurface des voiles du grand mât, & qu'on porte au mât de miſaine ou environ 80 pieds plus en avant, le moment augmentera ſur l'avant, de près de 42, 000, & pour rétablir les momens comme ils étoient, il ſuffiroit de porter le total de la voilure qui eſt d'environ 28, 000 pieds à 18 pouces plus en arriere.

On peut reculer les mâts de miſaine & grand mât, & diminuer un peu de la hauteur du mât de miſaine.

De plus, généralement parlant, l'équilibre des voiles doit être ſans aucun égard aux perroquets; mais comme en général il faut ſe précautionner contre la trop grande facilité de venir au vent, & que le point vélique varie de plus de 14 pieds, il eſt inutile de chercher un point précis d'équilibre.

Examinons maintenant les mouvemens de converſion. Lorſque l'on arrive, les voiles de l'arriere faſient & ne doivent être comptées pour rien; celles de l'avant par leurs rapprochement du milieu feroient un moindre effort, ce ſeroit environ 9300

pieds de voile raprochés du milieu de 1 pied & demi, ou le moment des voiles actuelles pour arriver ſeroit moindre de 14000 environ; d'un autre côté l'augmentation de 523 pieds de voiles à 55 pieds au moins du point vélique, fait près de 29000, moment pour arriver : ainſi dans la nouvelle mâture, le moment pour arriver eſt plus conſidérable.

Pour ce qui concerne les mouvemens pour venir au vent; ils ſont encore facilités, car on ôte 525 pieds de voile du grand mât, où ils ſont à 25 pieds au plus du point vélique; ainſi on diminue le moment pour venir au vent de 13100; mais le grand mât & celui d'artimon qui ont environ 16000 pieds de voile, étant portés à un pied & demi plus en arierre, le moment pour venir au vent augmente de 11000; ainſi cette diſpoſition favoriſe les mouvemens de converſion.

En général, les voiles portées du milieu vers les extrémités; augmentent la facilité du Navire à tourner par le moyen des voiles.

Pour ce qui concerne l'appui des mâts, le mât de miſaine eſt inconteſtablement mieux tenu; parce que le mât de miſaine étant rapproché du milieu, ſon étai eſt moins oblique, les haubans ſont plus éloignés du milieu, ou ont plus d'empâture & les façons élevent moins le mât de miſaine.

Le petit mât d'hune a ſon étai qui conſerve à peu près la même obliquité; les galhaubans ſeroient un tant ſoit plus peu obliques; mais il ſeroit aiſé d'y remédier par une très-foible diminution de la rentrée de cette partie, ce qui n'a nul inconvénient.

On ne parlera pas du petit mât de perroquet, parce que ces mâts ont une force abſolue plus conſidérable. Autrefois les mâts de miſaine étoient au dixieme de la longueur du Vaiſſeau en arriere de l'étrave, ils ſont maintenant au huitieme ou ont été reculés d'un quarantieme; les grands mâts ont été reculés de la même quantité à peu près; il s'agiroit maintenant d'un moindre changement; il eſt certain que cela faciliteroit d'orienter la miſaine.

On auroit pu prendre pour combinaiſon, celle où on diminueroit la hauteur du mât de miſaine de deux pieds; elle mérite

attention ; on y trouve un avantage, c'eſt que les poids qui dans la premiere combinaiſon ont un plus grand moment ſur l'avant, n'en auroient pas davantage dans cette ſeconde.

Malgré tous les avantages de cette propoſition de M. de Briqueville, il eſt certain qu'il y auroit vent arrierre une perte de 523 pieds de voile ; il y auroit, comme il en fait la remarque, un peu plus de difficulté à repaſſer le petit mât d'hune, & ſur-tout ſi on adoptoit la ſeconde combinaiſon

Ainſi dans les diverſes parties de la conſtruction, les avantages & déſavantages ſe balancent.

Tous les Officiers étant convenus qu'il y auroit un avantage de faire les deux mâts d'hune & de perroquets égaux en groſſeur, ce changement doit être regardé comme néceſſaire ; on obſervera en même temps que c'eſt la méthode Angloiſe.

J'ai tâché dans cette diſcuſſion d'éviter de laiſſer entrevoir mes ſentimens particuliers, hors pour ce qui concerne l'avantage de faire les mâts d'hune égaux en groſſeur. On trouveroit cette propoſition traitée plus au long dans les mémoires de M. de Briqueville & les réponſes qui y ont été faites : mais on s'eſt contenté ici de l'expliquer & d'expoſer les objections fondées.

CHAPITRE XV.

Réſiſtance des bois & agrêts des Vaiſſeaux.

LA théorie de la conſtruction ſeroit incomplette, ſi on ne diſoit quelque choſe de la réſiſtance des ſolides. On peut la diviſer en deux eſpeces; la premiere eſt celle dont ils ſont capables lorſqu'ils travaillent dans le ſens de leur longueur; la deuxieme eſt celle qui a lieu quand on travaille à les rompre perpendiculairement à leur longueur.

On voit aſſez évidemment que dans les bois de la même eſpece, la premiere de ces forces eſt proportionnelle à la groſſeur de la piece, ou à l'étendue de la coupe perpendiculaire à la longueur; puiſque c'eſt de cette étendue que dépend le nombre de fibres qui réſiſtent. C'eſt dans les ouvrages de M M. Buffon, Duhamel, Muſchembrock, qu'on trouve les expériences principales pour déterminer cette réſiſtance.

On peut regarder comme un principe d'expérience, qu'une regle de chêne quarrée qui aura un quart de pouce ſur chaque côté, ne ſe rompt étant tirée dans le ſens de ſa longueur, que quand elle eſt chargée d'environ 1000 liv. & qu'une regle qui a un pouce de groſſeur, ne ſe romproit que par un poids de 16000 liv. Le bois de ſapin n'a pas autant de force, il n'a guere que les trois cinquiemes de celle du chêne; mais le rapport peut varier ſelon la maniere dont le bois eſt nourri, & cette eſpece de bois eſt ſuſceptible d'une grande variété; la force du chêne eſt à peu près proportionelle à ſa peſanteur, ſuivant M. de Buffon.

Le fer eſt de tous les métaux celui qu'on emploie le plus; il ne s'en faut guere auſſi qu'il ne réſiſte le plus; l'or ſeul, eſt plus fort d'une neuvieme partie; un fil de fer d'une ligne de diametre, ne ſe rompt que lorſqu'il eſt chargé de 650 livres; le cuivre rouge n'a qu'environ les deux tiers de la force du fer; & le laiton en a environ les quatre cinquiemes.

Mais

Mais en rapportant les expériences fondamentales, on ne peut se dispenser d'avertir qu'il y a des variétés : une différence de qualité, des fibres plus ou moins saines dans le même bois, un métal plus ou moins bien corroyé, offrent de très-grandes variétés. Nous allons maintenant examiner la deuxieme espece de résistance des corps solides, c'est-à-dire, celle qui a lieu quand on travaille à les rompre perpendiculairement à leur longueur; alors quelques fibres s'allongent, les autres se compriment; toutes les fibres cessent d'être paralleles pendant l'effort de la rupture. Si pendant qu'une piece de bois est engagée dans un mur par une de ses extrêmités, on la charge d'un grand poids par l'autre bout, à mesure qu'on rapprochera le poids, on pourra le rendre plus grand sans craindre que la poudre ne rompe; mais il ne faut pas penser que si le poids étoit à toucher le mur, la résistance fût presqu'infinie. Heureusement toutes ces difficultés s'évanouiront, tant qu'on évitera les cas extrêmes & qu'on ne cherchera que la force relative. Lorsqu'on fait effort pour rompre de côté une piece de bois AB (*fig.* 38), en tirant selon une direction AG, elle résiste à proportion de la grosseur, ou de la multitude des fibres qui sont renfermées dans chaque couple perdendiculaire; mais outre cela, les fibres résistent encore plus ou moins selon qu'elles sont plus éloignées du point d'appui.

Il seroit difficile de déterminer le centre précis dans lequel il faudroit considérer toutes ces fibres pour avoir leur effort moyen; mais tant qu'on compare des corps dont les coupes sont des figures semblables, on peut prendre le centre de gravité pour centre d'effort, parce que le rapport est toujours le même.

Enfin l'expérience a montré qu'une poutre qui a trois fois plus d'épaisseur qu'une autre, soutient un poids neuf fois plus grand. La seule grosseur de la poutre fait qu'il y a 3 fois plus de fibres, & en outre elles résistent 3 fois plus. Si une poutre a 3 fois plus d'épaisseur que de largeur, elle résistera 3 fois plus dans la premiere situation: la seule différence vient de ce que le total des fibres est 3 fois plus éloigné du point d'appui.

L'expérience a fait voir qu'une regle de chêne verd d'un pouce en quarré, peut soutenir à un pied de distance près de 130 liv.

La force des assemblages de charpente peut s'évaluer suivant les mêmes principes à peu près ; nous prendrons pour exemple les *bittes* qui sont formées de deux poutres $A B$, $C E$ verticales, nommées *montans* & liées par une troisieme qui est horisontale, & se nomme *traversin*.

Si chacune de ces poutres a un pied quarré, elle pourra soutenir un poids de 224, 640 livres, & les deux poutres soutiendront un effort de 449, 280 liv.

Mais M. Bouguer prétend que si on rend la distance $F H$, de quatre pieds, en unissant bien les deux montans par le traversin, la premiere qui ne pouvoit soutenir en particulier que 224, 640 livres, en soutiendroit 8 fois plus ; parce que toutes les fibres dont le centre de réunion est en F, seront aidées par un bras de levier 8 fois plus long $F H$; ainsi les deux poutres soutiendront, dit-il, un effort horizontal de 2021, 760 liv. qui s'exerceront sur une direction élevée d'un pied au dessus du point B.

Les expériences que j'ai faites m'ont porté à croire que cette évaluation de la force des bittes est défectueuse.

Effectivement il se trouveroit que la résistance des bittes, seroit supérieure à celle qu'auroit une piece de bois de 4 pieds de long, & la même épaisseur ; c'est-à-dire, que dans la (*fig.* 39) la résistance des bittes seroit supérieure à celle d'une piece de bois pleine $H B C A$ qui auroit les mêmes epaisseur & hauteur que ces bittes, malgré l'excédent de bois qui remplit l'espace $G I O D$, & quoique cette continuité de bois puisse être regardée comme devant augmenter la force.

Il est encore une autre force absolue à considérer, celle qui retient deux planches chevillées ; mais nous n'avons pas d'expériences suffisantes sur cette espece de résistance.

111. On a vu que les resistances relatives, sont comme le cube des diametres des grosseurs, ce qui met en état de déterminer la figure des solides d'égale résistance, ou qui résistent également dans tous les points de leur longueur ; une puissance est appliquée au sommet A (*fig.* 38) d'un corps $A B$, & agit selon une direction $A G$ perpendiculaire à l'axe de ce solide dont toutes les tranches sont des quarrés, ou des cercles, cette

puiſſance tendra à rompre le corps avec plus ou moins de force relative, ſelon qu'elle ſera plus ou moins éloignée du point d'appui, & les réſiſtances relatives du ſolide qui ſont comme les cubes des diametres, doivent être égales aux efforts relatifs de la puiſſance; ainſi la réſiſtance relative du ſolide en *C D*, doit être comme la diſtance *C D* de chaque point où peut ſe faire la rupture. Près du ſommet, l'effort ſera foible; mais il ſera toujours proportionnel à la longueur des parties *A C* de l'axe qui ſervent de levier à la puiſſance; or les réſiſtance relatives du ſolide qui ſont comme les cubes des diametres, doivent être égales aux efforts relatifs de la puiſſance; ainſi les cubes des diametres doivent être comme les longueurs des parties de l'axe, le ſolide qui reſiſte par-tout également, doit être formé par la premiere parabole cubique: à 8 fois plus de diſtance du ſommet, la puiſſance fait 8 fois plus d'effort pour rompre le mât, mais dans cet endroit le mât a un diametre double, & le ſolide réſiſtera 8 fois plus.

Telle ſeroit la ſolution en ſuppoſant les mâts ſans peſanteur. Pour faire entendre notre penſée, comparons deux pieces de bois ſcellées dans un mur par une de leurs extrêmités & chargées par l'autre d'un poids qui les faſſe rompre; ſuppoſons que ces deux pieces aient la même groſſeur, mais que l'une ſoit deux fois plus longue que l'autre: il eſt évident qu'à l'égard de la deuxieme, le levier étant deux fois plus long, il ne faudra mettre à ſon extrêmité qu'un poids qui ſera moitié du premier, & cela eſt vraie, ſuppoſant qu'on faſſe abſtraction de la longueur de ces pieces; car cette peſanteur, non-ſeulement eſt deux fois plus grande, mais elle eſt encore appliquée à un levier deux fois plus long; ainſi elle a beaucoup plus de part à la rupture, elle y contribue quatre fois plus, & par cette raiſon le poids que l'on met à l'extrêmité de la piece de bois, doit être beaucoup moindre que la moitié.

Mais ce n'eſt pas tout ce qu'il y a à conſidérer. Suppoſons les pieces de bois ſans peſanteur, ou plutôt joignons leur peſanteur à l'effort de la puiſſance qui eſt appliquée à l'extrêmité, & conſidérons le tout comme un ſeul poids. Lorſque la piece eſt deux fois plus longue, il faut d'abord diminuer le poids de moitié, conformement au grand principe de méchanique; mais

le poids étant moindre, les fibres dans le point de la rupture ſeront moins obligées de ſe courber les unes ſur les autres, ce qui leur permettroit de ſoutenir un plus grand poids, ſi ce n'eſt qu'enfin il y a une derniere conſidération à avoir, c'eſt que la piece de bois dans la partie qui la rend plus longue, n'eſt pas exempte de ſe courber, ce qui allonge encore les fibres & diminue la force de la piece.

Il eſt aiſé de reconnoître que la forme que la théorie eût donnée aux mâts, faiſant abſtraction de toutes ces conſidérations, doit être alterée.

M. de Buffon a fait des expériences pour reconnoître la loi de réſiſtance que ſuivent les pieces de bois de longueur inégale, & elles méritent d'autant plus de ſervir de regle, qu'elles ont été faites avec ſoin & qu'elles ont l'avantage d'avoir été exécutées en grand. On peut les repréſenter aſſez exactement en ſuppoſant que le moment de l'effort qui travaille à les rompre, dépend de la longueur du bras de levier élevé à une puiſſance dont $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$ eſt l'expoſant. Suppoſé qu'une piece de bois ait ſoutenu à ſon extrêmité un poids de 20000 livres, un autre de la même groſſeur, mais qui ſera quatre fois plus longue, ne pourra pas ſoutenir 5000 livres; mais le poids doit être diminué dans le rapport de $4\frac{1}{2}$, enſorte que la deuxieme piece ne ſoutiendra que 3500 livres; il ſuit delà qu'on doit donner aux mâts une figure différente, nommant x les longueurs des différentes parties, & y le diametre des groſſeurs, on aura non pas x comme dans la premiere ſolution, mais $x\frac{1}{4}$, pour les efforts que chaque point a à ſoutenir, & comme y^3 repréſente toujours la reſiſtance en chaque endroit : $x\frac{1}{4} = y^3$ ou $x^3 = y^{12}$ ce qui montre que le mât doit différer beaucoup moins de la forme de la parabole ordinaire.

Nous devons avertir que ſi l'on traitoit les choſes à la rigueur, la forme des mâts devroit être différente, quand on porte les perroquets & toutes les voiles, les huniers & les baſſes voiles &c., lorſqu'on conſidere les roulis, ſelon que les haubans ſont plus ou moins ridés, ſi l'on ſuppoſoit même les haubans inflexibles, la forme des mâts devroit être abſolument différente, enſorte que la forme des mâts ne pouvant être variée ſelon

toutes ces conſidérations, il eſt prudent de s'en tenir aux formes reçues.

Pour ce qui regarde les vergues, elles doivent être plus aiguës par les extrêmités. Le principal effort qui travaille à les rompre, a lieu lorſqu'on les braſſe; l'expérience montre que les vergues rompent ordinairementvers le milieu ou à peu de diſtance.

Il ſuivroit de la conſidération, que les vergues rompent le plus ſouvent, par l'effort que l'on fait en les braſſant, que leur figure devroit une parabole cubique, puiſque la théorie précédente y eſt applicable, ou plus exactement une parabole dont l'équation eſt $x^3 = y^{12}$.

Si l'on conſidere l'effort du vent, on verra que l'effort abſolu qui travaille à les rompre, eſt déſigné par x qui marque la largeur des différentes parties de la voile à commencer depuis l'extrêmité voiſine. Cet effort eſt outre cela appliqué à un levier dont la longueur eſt x; ainſi on a x^2 = l'effort relatif = la réſiſtance ou $y^4 = x^3$. ce qui rendroit leurs formes plus coniques.

Dans la diverſité de conſidérations phyſiques qui devroient régler la forme des mâts & vergues, on ne pouvoit rien faire de mieux que de conſulter l'expérience &, c'eſt celle qui en a fixé la forme; il n'eſt pas hors de propos de faire attention que toute cette théorie ſuppoſe des bois du même genre, & dont quelques parties ne ſoient pas affoiblies par des vices. Si l'on pouvoit ſeulement faire quelqu'obſervation, c'eſt qu'en général les mâts d'hune ſont les plus foibles de tous les mâts, puiſqu'ils rompent plus ſouvent que les mâts majeurs; mais il faut avouer qu'il étoit très-raiſonnable de les faire plus foibles que les mâts majeurs, parce qu'il n'y a nul comparaiſon entre les déſavantages de la rupture des uns, ou des autres. Les mâts de perroquet ne doivent pas non plus être affoiblis, parce que vu la petiteſſe de ces mâts, on les affoibliroit conſidérablement en diminuant très-peu les poids; car dans toutes les choſes de pratique il faut balancer les avantages & les inconvéniens. Il ne reſteroit donc que de rendre les diametres des mâts d'hune plus forts; mais il y auroit à craindre que cela n'affoiblit un peu trop les mâts majeurs, dont la conſervation eſt trop importante pour

qu'il ne ſoit pas avantageux que la rupture ſoit déterminée au deſſus, ce qui doit faire conſerver la mâture actuelle.

112. Un objet ſur lequel il ſemble que nous puiſſions porter nos vues, c'eſt ſur l'épaiſſeur des bordages & principalement de ceux des ponts. On peut ſe propoſer de ſavoir s'ils ſont trop forts. En commencant à traiter ce ſujet théoriquement, nous avouerons que nous n'aurions qu'une ſolution peu utile, ſi nous n'avions des faits pour nous. Les bordages des ponts ſont faits pour porter leur artillerie, & l'on donne 5 pouces d'épaiſſeur à ceux qui doivent porter du 36, dont le poids ancien avec l'affut étoit de 9100 liv.: comme les roues de l'avant & de l'arrierre ne portent pas ſur le même bordage, on ne doit compter que ſur 4550 livres, & nous en ſuppoſerons 4800 liv.; mais eu égard à la diſtance ordinaire des beaux, dont l'intervalle entre les *faces* antérieures d'un beau, & la face poſtérieure de l'autre, eſt d'environ 4 pieds, il n'eſt pas poſſible qu'il n'y ait plus de la moitié de ce poids à conſidérer: car ſi une des roues eſt au milieu de l'intervalle, l'autre ſera ſur le beau: ainſi il y a 2400 livres à 2 pieds, ou un effort plus que double de ce qu'il ſeroit à un pied, & dans le rapport de 20 à 24: ainſi il eſt égal à un effort de 5300 livres à 1 pied. Une piece de bois de 5 pouces de haut, ſur un pied de large, par l'expérience fondamentale, ne romproit que par un poids de 130 liv., 25 ou 3250 livres; ainſi ſi les bordages ont 8 à 10 pouces de large, ils peuvent porter 26 à 32 milliers, ce qui eſt ſi ſupérieur au poids que les bordages ont à porter, qu'il n'y a nul doute qu'ils ne ſoient trop forts.

Auſſi voyons-nous que les Anglois pour porter les canons de 42 qui peſent 7 milliers de nos livres ſans l'affut, ne donnent aux bordages que 4 pouces Anglois ou 3 pouces $\frac{1}{4}$ de notre meſure; de ſorte que pour nos canons qui peſoient 78 quintaux, 4 pouces étoient ſuffiſans; effectivement ces bordages peuvent ſoutenir un effort de près de 130 livres 16 ou 2080 livres; ainſi ces bordages ayant 8 à 10 pouces, peuvent porter poids 16. 640 ou 20 800 liv., ou aumoins le triple de ce qui eſt néceſſaire; on convient qu'il ſeroit abſurde de ne pas donner une force de beaucoup ſupérieur à celle qui eſt néceſſaire par le calcul; mais

au moins conviendra-t-on que celle-ci étant triplée par le calcul de ce qu'elle doit ſoutenir, ayant ſur-tout pour preuve de la poſſibilité, ce qui ſe paſſe dans une nation, *où c'eſt une regle général de faire les ponts auſi légers qu'il ſe puiſſe*, cette opinion ne peut être regardée que comme ſolidement établie.

Cette diminution d'épaiſſeur de bordages recommandée par les Anglois, eſt extrêmement avantageuſe pour les qualités des Vaiſſeaux & pour l'économie. Je ſuppoſe un Vaiſſeau de 43 pieds de large & 170 de long, les ſurfaces du premier pont ſeront à peu près 5500 pieds quarrés, ou 450 pieds cubes, ou 14 tonneaux 800; mais pour gabarier les bordages il y a environ $\frac{1}{2}$ de perte, c'eſt donc près de 700 pieds cubes de bois du côté de l'économie.

Le deuxieme pont a ſes bordages de 3 pouces $\frac{1}{2}$ & il ſuffiroit que les bordages euſſent 3 pouces; il réſulteroit avec ceux des gaillards une épargne de près de 350 pieds cubes bruts ou 7 tonneaux en place.

Voilà donc une diminution de bricolle de 21 t^x. très-facile à faire : cette diminution de bricolle augmentera la ſtabilité des Vaiſſeaux, on permet le retranchement de 19 t^x. de leſt: ainſi le déplacement du Vaiſſeau peut être diminué de 40 t^x. ſi l'on veut. On pouroit porter fort loin l'économie réſultante de cet objet que nous nous propoſons de traiter dans la ſuite; il ſuffit d'avoir montré que cela mérite la plus grande attention, & que les regles de la conſtruction Angloiſe ſont fondées ſur la raiſon.

L'objection que l'on peut faire contre cette diminution des bordages, ſe réduiſant, je crois, à ce que les bordages ſelon M. Bouguer s'oppoſent à l'arc, nous traiterons ici de l'arc des Vaiſſeaux, après avoir encore obſervé que les bordages extérieurs des fonds des Vaiſſeaux Anglois, n'ont auſſi que 4 pouces Anglois; d'où je crois qu'il ſuffit que ceux de nos Vaiſſeaux aient 4 pouces François & 3 $\frac{1}{2}$ pour les Vaiſſeaux de 64 canons; ceux de flottaiſon ſont à la vérité plus forts que les nôtres; mais il en réſulteroit toujours une économie de plus de 2000 pieds de bordages bruts.

J'approuverois certainement cette même pratique, mais il

faut convenir que cela n'a aucune influence sur les qualités des Vaisseaux ; ainsi on ne peut autant insister sur l'utilité de suivre la méthode Angloise : je l'approuve parce que de tels bordages lient les couples des Vaisseaux à peu près avec la même force, en fournissant un point d'appui suffisant aux chevilles & aux clous, parce qu'il en résulte une épargne considérable, sur la quantité de ce bois employé, bois qu'il importe extrêmement de ménager.

Comme on pouroit craindre d'après ce qu'a avancé M. Bouguer, que la diminution des bordages des ponts ne contribuât à l'arc des Vaisseaux, on remarquera que ce n'est qu'un desir de prevenir les objections, qui a fait faire celle-ci : car la force du restant des *bordages*, des *iloires* seroit plus que suffisante pour prévenir l'arc selon M. Bouguer ; mais il vaut mieux considérer ici cet objet important.

De l'arc des Vaisseaux.

Quoique je pense que le seul rapport entre la pesanteur de chaque partie & son déplacement peut prevenir l'arc des Vaisseaux, & que nulle espece de liaison ne peut produire cet effet, je n'oserois l'affirmer : ce qu'il y a de certain, c'est qu'il faut surtout faire attention que les liaisons qui dépendent d'une plus grande pesanteur de *courbes*, *guirlandes*, & qui appésantissent les extrêmités, augmentent l'arc au lieu de le prévenir ; ce n'est pas à dire que d'autres raisons encore plus fortes n'exigent de lier ces divers parties : mais ici nous ne considerons que l'arc.

M. Bouguer pense qu'un Vaisseau qui arque, diminue de largeur, & que les ponts s'allongent. « C'est ce qu'on voit » *dit-il*, quand on prend une tasse en gondole, & qu'en la baissant par les deux extrêmités ; on tâche de la courber en dessous, on la retrecit en même temps qu'on l'allonge par en » haut, la même chose doit arriver aux Navires qui s'arquent. » Si les beaux, au lieu d'être courbes (*continue-t-il*) étoient » parfaitement droits, il paroît qu'ils auroient beaucoup plus de » force pour empêcher les Navires de se retrecir ».

Il

Il n'eſt pas hors de propos de remarquer que tout cet article paroît avoir été fait avec précipitation. Les *Baux*, comme tout le monde ſait, ont leurs convexités en haut; le poids de l'artillerie, des équipages, des bordages même, fait un effort qui tend à les redreſſer, & ils ne peuvent ſe redreſſer ſans élargir le Vaiſſeau. Si au contraire ils étoient droits, les poids de l'artillerie les courberoit, enſorte qu'ils préſenteroient enſuite leurs convexités en bas, ce qui retréciroit les Vaiſſeaux: ils paſſeroient de la ligne droite à la ligne courbe.

Il ſuit delà que l'expédient propoſé par M. Bouguer, produiroit un effet oppoſé à celui qu'il veut obtenir. Enfin il n'eſt pas douteux que les Vaiſſeaux, ceux ſur-tout qui ont ſervi en mer & qui ont une *tonture* de baux conſidérable, ne s'élargiſſent depuis leur conſtruction juſqu'à ce qu'on les refonde. C'eſt ce que j'ai reconnu autrefois dans le *Superbe* & *le Saint-Michel*, &c.

M. Bouguer, trompé pareillement par l'expreſſion incorrecte de quelques perſonnes, qui nomment la largeur du maître gabarit, largeur du maître bau, au lieu de dire largeur aumaître bau, deſireroit que ces pieces ſe terminaſſent aux membres & non pas aux bordages, c'eſt-à-dire, qu'au lieu de les placer à côté des membres, on les mît en dedans en les faiſant plus courtes; mais cela s'eſt toujours pratiqué, ainſi qu'on peut le reconnoître en liſant les plus anciens livres de conſtruction: il n'y a nul bâtiment, ſoit marchand, ſoit de guerre, où cette diſpoſition ne ſoit ſuivie. Puiſque ce que M. Bouguer propoſoit, n'eſt autre choſe que ce qui s'eſt pratiqué de toute ancienneté dans les Vaiſſeaux, on ne peut le regarder comme un expédient pour prévenir l'arc.

Il nous reſte à examiner le troiſieme moyen. Lorſque les Navires s'arquent, les ponts, dit-il, ſe rallongent; je n'ai jamais remarqué de telles augmentations de longueurs, au moins d'une quantité ſenſible. L'exemple de la gondole n'eſt nullement applicable aux Vaiſſeaux: un Navire de 150 pieds, qui a 12 pouces d'arc, ſuppoſant que l'arc forme une portion de cercle, devroit allonger d'environ 14 pouces ſi l'étambot & l'étrave, faiſoient les mêmes angles ſur l'extrêmité de la quille. Ayant ſuivi diverſes refontes, je n'ai jamais vu d'allongement ſenſible; j'ai

trouvé auſſi ſouvent des diminutions que des augmentations ; encore n'y a-t-il jamais eu que les erreurs de meſures preſqu'inévitables.

Il réſulte de toutes ces remarques pratiques, qu'il eſt difficile de prévenir l'arc : ce ne peut être en s'oppoſant au retréciſſement des Navires ; car il eſt certain qu'ils s'élargiſſent au moins quand ils vont en mer : ce ne peut être en s'oppoſant à l'allongement des ponts, car les Vaiſſeaux s'ils s'allongent, le font d'une petite quantité, & ſi foible, que l'extenſion variable des bois, le jeu des clous ſuffiroient pour cet allongement ; d'ailleurs un Vaiſſeau pourroit arquer ſans s'allonger ; un Navire, par exemple, qui auroit des baux fort tonturés en avant & en arriere & fort chargés, ne ſeroit pas ſuſceptible de s'allonger à l'endroit du pont.

Si j'ai mis une reſtriction en parlant de l'élargiſſement des Vaiſſeaux, en diſant ſur-tout s'ils ont ſervi en mer, c'eſt qu'alors ſeulement les baux ſont chargés d'artillerie ſur les extrêmités, de l'équipage, &c. enſorte qu'ils ne peuvent ſe redreſſer ſenſiblement qu'en mer ; enfin j'ai cru ne pouvoir affirmer s'il eſt poſſible de prévenir l'arc des Vaiſſeaux, parce que la maniere dont cet effet s'opere n'eſt pas aſſez parfaitement connue.

Nous ſommes diſpenſés de ſuivre M. Bouguer dans l'examen qu'il fait ; ſi les moyens qu'il indique ſont ſuffiſans pour empêcher un Vaiſſeau de s'arquer, puiſqu'ils tendent à s'oppoſer à des effets qui n'ont pas lieu. Enfin le plus grand nombre de *courbes*, *guirlandes*, que M. Bouguer déſireroit qu'on mît vers les extrêmités, en les appéſantiſſant, ne feroit qu'augmenter l'arc : les Vaiſſeaux conſtruits à Breſt par feu M. Solinoc, avoient beaucoup de ces liaiſons & s'arquoient conſidérablement ; mais on a vu des Corvettes, telles que *l'Anémone*, *l'Amaranthe & la Calipſo*, qui ne s'arquoient pas même de plus d'un pouce.

Rien ne peut ſuſpendre l'effet de ces loix de la nature, ces môles immenſes que l'art éleve pour dompter la fureur des vagues, qui réſiſtent à leurs efforts, ſont détruits promptement, ſi le moindre filet d'eau vient à s'y ouvrir un paſſage ; l'arc eſt

pareillement l'effet d'une de ces loix, de l'effort que fait chaque partie pour occuper un déplacement égal à ſa peſanteur, & c'eſt dans leurs égalités à chaque partie du Navire qu'on trouvera les moyens les plus sûrs pour empêcher l'arc. Au reſte, tant qu'il n'eſt pas porté au point de gêner les canons des extremités de la premiere batterie, en rapprochant trop les *feuillets* de l'eau, cela peut paſſer pour une choſe qui n'eſt pas d'une très-grande conſéquence. Il eſt vrai que les lignes d'eau groſſiſſent en avant & en arriere; mais il en réſulte une plus grande ſtabilité, & ainſi il eſt poſſible de regagner une partie du déſavantage qui réſulte de l'arc en allégeant un tel Vaiſſeau.

Tous les ſoins doivent donc ſe borner à faire enſorte qu'un Vaiſſeau ſoit ſuſceptible de peu d'arc; il ſeroit certainement préférable de l'empêcher abſolument; mais il ſuffit de tâcher de le modérer; alors il n'en réſultera que de très-foibles déſavantages.

J'ai dit qu'on ſe flatteroit en vain de prévenir l'arc par le plus grand nombre de courbes, &c. dont le poids ne feroit que l'augmenter; qu'on ne s'imagine cependant pas que je regarde les liaiſons des Navires comme de peu d'importance; il faut conſerver toutes celles que la pratique de la conſtruction a jugé néceſſaires pour fortifier les extrêmités; un conſtructeur qui en eſſaieroit la diminution, ne devroit le faire qu'avec ces attentions qui dédommagent de la perte d'une quantité de la force par une meilleure application de celles qu'on emploie.

Les guirlandes de fer ont été employées dans quelques Navires; mais tous ceux qui ont examiné les liaiſons réſultantes des pieces de bois ou de fer, on peut même dire preſque tous les conſtructeurs, trouvent qu'il n'y a nulle comparaiſon; effectivement un clou qui traverſe une épaiſſeur conſidérable de bois, a beaucoup moins de jeu, a une plus grande ténacité, eſt bien plus reſſerré par les fibres du bois & par leur élaſticité particuliere, qu'un clou qui traverſe une courbe de fer; c'eſt ce que toutes les raiſons poſſibles, & l'on peut dire l'expérience, ont confirmé: perſonne n'en doute; on a cependant eu recours en France aux courbes de fer, à cauſe de la rareté des courbes de bois.

En Angleterre, où il y a un plus grand nombre de Vaiſſeaux à

entretenir, on ne ſe plaint pas de la rareté des courbes de bois: quelle peut être la cauſe de cette différence? La nature doit ſe porter également dans les divers pays à donner les mêmes formes aux arbres; il ne peut donc qu'être utile de rechercher la cauſe de cette différence de pratique.

Nous exigeons en France que les courbes aient deux branches; l'une horizontale, ou à peu près, qui s'applique ſur le bau; l'autre verticale, enſorte qu'elle forme un plan continu & qu'elle puiſſe porter à terre.

En Angleterre toutes les formes qu'elles peuvent avoir ſont admiſes, & on a grande raiſon de ne pas inſiſter ſur ce qu'elles portent à plat; car ſi on regarde quelques-uns de ces arbres propres à faire des courbes, on y verra preſque toujours une double courbure au collet: mais qu'importe cette double courbure? la courbe au lieu d'être chevillée ſur l'allonge qui ſeroit ſous une des faces du bau, le ſera ſur une autre allonge; mais la liaiſon n'en ſera certainement pas plus foible.

Si donc on n'exigeoit pas que les courbes euſſent cette eſpece de régularité, elles ſeroient communes en France comme en Angleterre, & il en réſulteroit une beaucoup plus grande liaiſon: cette réflexion peut même être étendue à diverſes pieces de bois: delà réſulteroit ou une plus grande économie, ou une plus grande ſolidité: tout ce qu'on peut dire à l'avantage de celles de fer, c'eſt qu'étant moins épaiſſes, elles ſont un peu moins embarraſſantes; mais cette raiſon nous paroît de peu de poids.

Des Cordages.

113. Nous avons parlé de la réſiſtance des bois; le grand uſage qui ſe fait des cordages dans la Marine oblige de dire auſſi un mot de leur force.

Il réſulte des expériences de M. du Hamel, qu'en général on leur donne trop de tors, qu'ils ſont trop *commis*, c'eſt-à-dire, que les fils ſont trop raccourcis dans les diverſes opérations par leſquelles ils paſſent avant de devenir des cordages; j'ai vérifié la juſteſſe de ces obſervations; mais cette partie eſt traitée d'une façon ſi ſatisfaiſante dans le traité de la Cordérie &

dans ſon ſupplément, que nous y renvoyons le lecteur. Ceſt un modèle de la maniere dont les queſtions de phyſique doivent être diſcutées. On y remarque toutes les difficultés décompoſées, l'examen particulier de chaque opération, de pluſieurs réunies, & les expériences multipliées de l'enſemble des divers inconvéniens qui peuvent déterminer à ſacrifier une partie de la force à la durée.

On rappellera une obſervation importante tirée du ſupplément au traité de la Corderie; la réſiſtance des cordages ne doit pas être évaluée à plus de la moitié de ce que donnent les tables ordinaires, un cordage de 2 pouces ne doit pas être expoſé à porter plus de mille livres, ou peut-être même huit cent livres; car on voit dans ce traité combien les cordages perdent par les ſucceſſions de temps, & on ne doit compter pour la force des cordages employés au gréément, que celle qu'ils conſervent après une certaine durée.

Si on venoit à ſuppléer au *gaudron* par quelqu'eſpece de moyen qui permît de défendre les cordages de l'humidité, il faudroit *prévenir les accidens qu'occaſionneroit la tenſion des haubans, &c. s'ils conſervoient toute leur élaſticité & ſi on les ridoit, c'eſt-à-dire, roidiſſoit d'un temps ſec; parce que l'humidité en les raccourciſſant, leur feroit emporter les port-haubans, & pourroit occaſionner d'autres accidens;* car la plus grande variabilité d'extenſion des cordages gaudronnés, leur peu de raccourciſſement par l'humidité, font qu'on n'a pas à craindre de pareils efforts.

De la force que doivent avoir les Cordages.

Tous ceux qui ne ſervent qu'à ſoutenir l'effort du vent doivent avoir leur circonférence proportionelle aux largeurs; car la hauteur & largeur des voiles augmentent comme cette même largeur, la ſurface en eſt le quarré: telles ſont les amures, écoutes, &c. ceux qui ſervent à ſoutenir le poids des vergues, des mâts, & vergues, comme les driſſes, haubans, galhaubans, étais, &c. doivent avoir leur force proportionelle aux

cube des largeurs, & c'eſt ce qui s'obſerve pour les *driſſes*; car les gros Vaiſſeaux ont un plus grand nombre de rouets, je dis que les haubans doivent ſoutenir le poids des mâts & mâture, il eſt vrai qu'ils ſoutiennent auſſi l'effort du vent; mais ce n'eſt que leur moindre effort; auſſi ce n'eſt guere que les roulis qui les font rompre, ou du moins qui les allongent le plus promptement.

En effet lorſque l'inclinaiſon eſt de 30 degrés, il y a une moitié du poids de la mâture à ſoutenir, c'eſt-à-dire, une moitié des mâts, vergues, voiles, poulies, manœuvres, hunes & barres, &c. Tous ces poids ont un grand moment pour rompre la mâture inférieure: l'effort que ſouffrent les haubans, dans les mouvements du roulis eſt d'ailleurs accompagné de ſecouſſes & d'interruptions: il ſemble que la pratique a ſenti que la force des haubans devoit être proportionelle à la mâture; car indépendamment de ce que leur groſſeur ſuit la portion des largeurs, ce qui fait que la force de chaque hauban augmente comme le quarré des largeurs, le nombre des haubans n'eſt pas égal dans tous les Vaiſſeaux; les gros Vaiſſeaux ont 10 haubans de chaque bord; les très-petits en ont ſeulement 4. 5. 6. &c.

L'augmentation de force des haubans devroit être proportionnellement plus conſidérable, ſi ces roulis n'étoient pas plus lents dans les Vaiſſeaux que dans les Frégates: il ſemble que M. Bouguer en parlant des étais qu'il penſe devoir augmenter comme les quatriemes puiſſances des largeurs, n'a pas fait cette derniere attention.

Ces deux regles générales ſuffiſent pour fixer la proportion que les manœuvres des divers rangs des Vaiſſeaux doivent avoir entre elles, & pour ſe former une idée de ce qu'il eſt néceſſaire d'obſerver dans cette comparaiſon; mais il ſeroit inutile d'entrer dans un plus grand détail qui ſeroit étranger à notre objet; d'ailleurs il y a des tables qui montrent quelles ſont les longueurs & groſſeurs des différents cordages.

Des Cables & Ancres.

Les cables ſont une partie des agrêts trop indiſpenſable pour le gréement des Vaiſſeaux, pour qu'il ſoit poſſible de ne pas examiner ici les efforts qu'ils ont à ſoutenir.

Ils ſervent à retenir les Vaiſſeaux, dans les mauvais temps, ou à les arrêter contre les courans ; on ſeroit diſpoſé à croire qu'un Navire qui marche aſſez bien, pour en tenir un autre de même rang avec quatre fois moins de voilure, doit éprouver beaucoup moins de réſiſtance du courant, & par conſéquent chaſſer beaucoup moins ſouvent, qu'il peut avoir des cables beaucoup plus foibles; mais on ſe tromperoit; ces Navires ſont entraînés par le courant à peu près également, ſi leur maître gabarit eſt égal : la cauſe de cet effet tient à la théorie générale de la mâture, & c'eſt avec raiſon qu'on les fait de la même groſſeur, quelque ſoit la figure des fonds, en affoibliſſant cependant les cables des petits Navires au delà de la proportion des largeurs. Les cables ne retiennent les Vaiſſeaux que par le moyen des ancres, leſquelles ſuivent à peu près le rapport du cube des dimenſions, pendant que les cables ſuivent la raiſon des quarrés à peu de choſe près; il faut convenir qu'il y a une eſpece d'inconſéquence ; car puiſque les cables ne retiennent les Vaiſſeaux que par le moyen de leurs ancres, les cables & les ancres devroient être proportionnels.

Au reſte je ne propoſe cette réflexion que comme un ſimple doute.

Il avoit été obſervé juſqu'ici dans la marine, de n'avoir que deux eſpeces d'ancres, les ancres principales & les ancres à touée qui avoient le quart du poids des ancres principales: l'utilité dont peuvent être des ancres d'une force intermédiaire me les a fait propoſer il y a deux ans; cette eſpece d'ancres deviendra certainement dans la ſuite d'un très-grand uſage.

Les cables des gros Vaiſſeaux ont ordinairement de circonférence la moitié de la largeur du maître bau réduit en pouces, & un pouce de moins ; les cables des Frégates ont même quelquefois un pouce trois quarts de moins; les grêlins ou cables

des ancres *à touée* ordinaires, ont de circonférence la moitié du maître cable.

Comme il eſt utile de connoître le poids des cordages, on donnera ici une regle qui eſt auſſi exacte qu'il eſt néceſſaire; c'eſt que le poids en livres d'une braſſe de cordage eſt environ la cinquieme partie du quarré de la groſſeur exprimée en pouces; ainſi ſi un cable a 20 pouces de circonférence, le quarré de ſa groſſeur eſt 400 dont la cinquieme partie ou 80 eſt le poids d'une braſſe de ce cordage, & comme les cables ont 120 braſſes de long, le poids du cable entier ſera 9600 livres.

Ce qui a été dit de la force des cordages en général, eſt applicable aux cables en particulier.

Diverſes Obſervations.

115. Dans les Navires de guerre, la force des allonges doit être dans quelque rapport avec la force de l'artillerie, & cette force de l'artillerie dépend de ſon poids & de la charge. Il en réſulte, & ceci eſt à examiner dans l'état préſent de l'artillerie, que ſi on diminue l'une & l'autre, on peut diminuer la force des allonges de revers. Dans un combat, relativemen au recul, c'eſt moins la peſanteur de l'artillerie, que la charge que l'on doit enviſager; mais relativement à ce que le canon eſt mis au ſabord, & quelquefois avec vîteſſe, ſur-tout s'il s'y joint un roulis, il faut conſidérer plus particuliérement le poids de l'artillerie; & c'eſt le plus important: de ces obſervations aſſez ſimples, il réſulte qu'on ne doit pas augmenter les allonges de la premiere batterie d'un Vaiſſeau à trois ponts proportionellement aux largeurs: enfin on doit toujours chercher à réunir la ſolidité, l'économie & la force.

Je crois qu'il eſt à propos d'eſpacer les couples de *levée*, en ſorte qu'il y ait toujours un couple à chaque côté du ſabord, & ce ſeroit une méthode défectueuſe que celle qui formeroit les ſabords dans les couples, faiſant répondre une *maille* au milieu des ſabords, parce qu'il y a défaut de ſolidité, & plus grande perte de bois.

On trouve des Observations intéressantes sur la résistance des bois, par rapport aux boulets dans le Traité d'Artillerie de M. Robins : Livre dont on ne peut trop recommander la lecture.

« On fit un but composé de cinq madriers, ou de 32 pouces $\frac{1}{2}$. (*Nota.* Dans tout cet article, il s'agit de mesures Angloises). Deux des madriers étant alternativement placés perpendiculairement & horizontalement, chacun étoit attaché par des crampons à celui qui le suivoit. Le tout étoit ensuite lié ensemble par des pieces de traverse, & étayé de part & d'autre. On se servit d'une piece de 18 liv. de balle.

» Tout étant ainsi préparé, on tira la piece successivement avec des charges de 3 liv. $\frac{1}{2}$, de 3 liv. & 2 liv. $\frac{1}{2}$ de poudre ; chaque fois le boulet perça le but tout entier, & emporta avec lui de grands éclats ; mais celui qui fut tiré avec 2 liv. $\frac{1}{2}$ de poudre y fit plus de dommages que tous les autres. Il arracha les crampons, sépara les madriers, & rompit en deux le dernier qui étoit épais de 6 pouces $\frac{1}{2}$ & large de 15.

» Ces expériences faites, comme ces madriers joints ensemble n'opposoient point au boulet autant de résistance qu'une solive solide & d'une seule piece, j'en fis préparer de chêne d'Angleterre bien sec & bien dur, & qui avoient environ 1 pied $\frac{1}{2}$ d'épaisseur sur deux de large. On en planta trois perpendiculairement à côté l'une de l'autre ; derriere on en coucha trois autres, & enfin, derriere celles-ci, on en planta encore perpendiculairement trois autres semblables aux premieres ; de sorte que le but avoit 4 pieds $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, toutes les pieces étoient attachées par des crampons de fer qui le traversoient, & on avoit placé des étais pour les soutenir devant & derriere.

» Tout étant ainsi disposé, & la charge étant de 6 liv. de poudre, le boulet pénétra dans le but depuis 37 jusqu'à 46 pouces de profondeur ; avec trois liv. il pénétra de 33 pouces, & enfin il s'enfonça de 28 avec 2 liv. $\frac{1}{2}$, & de 14 à 15 $\frac{1}{2}$ avec 1 liv. Il est bon de vous faire observer qu'à chaque épreuve on avoit soin de tirer contre une partie du but qui n'étoit point endommagée par les autres coups. J'ajouterai aussi que

» les crampons qui tenoient les pieces de bois liées enſemble; » furent, par ces ſecouſſes fréquentes, courbés comme des fils » d'archal ». *Nota.* L'enfoncement eſt moindre dans les Vaiſſeaux

116. Les raiſons d'économie font voir qu'il eſt avantageux de *dévoyer* les couples des extrêmités, c'eſt-à-dire, de les placer avec une certaine obliquité ſur la quille, pour qu'ils en aient une moindre ſur les *liſſes*. Les Anglois ont mis cette pratique en uſage: on s'en eſt ſervi à Rochefort du temps de MM. Gelin & Morineau: je ſais que M. des Lauriers l'a employée ſur quelques Navires; on en reconnoîtra l'utilité, ſi l'on conſidere le couple dans l'endroit où la liſſe fait un angle de 45^{d} avec les paralleles à la quille. Pour avoir une piece de bois de 14 pouces d'équarriſſage, il faut une piece qui en ait 20 ſur une face, ces groſſes pieces ſont d'ordinaire plus rares, plus ſur le retour; car comme les arbres ont rarement une ſi grande ellipticité, il faut auſſi diminuer leur épaiſſeur, & il faut des pieces qui aient au moins 17 ſur 21. Ces pieces ſont même ſi rares que l'on eſt obligé de laiſſer du bois qui n'eſt pas trop fait dans la partie extérieure du couple la plus voiſine du milieu, & que l'autre eſt entamée preſque vers le centre; ce qui, dans ces pieces très-groſſes où le centre eſt trop avancé, contribue à leur pourriture & à leur prompt échauffement.

De plus, dans cette partie, il y a beaucoup plus de *porte-à-faux* pour les bordages, à cauſe de la difficulté de les *équarrir* à vive-arrête, parce qu'il faudroit des pieces trop fortes; c'eſt donc une néceſſité de ſuivre cette méthode, puiſqu'elle épargne beaucoup de bois; & que, ſuivant les connoiſſances que chacun a des bois, il en réſultera plus de durée, & par conſéquent de ſolidité dans cette partie.

Nos Conſtructeurs ſont aſſez habiles, aſſez zélés pour le ſervice du Roi, pour ne pas regretter le ſurplus de travail que donne cette méthode. C'eſt de M. des Lauriers que je l'ai appriſe, Pendant qu'il conſtruiſoit à Breſt. J'ai vu qu'elle eſt pratiquée dans l'Angleterre & en Suede, &c. tout en général en montre l'utilité.

Puiſque nous avons été obligés de dire un mot des liſſes;

nous ne pouvons nous empêcher de rectifier ce que dit M. Bouguer dans les Chapitres VI, VII & VIII du premier Livre; c'eſt dans la page 42.

« Il ſe préſente ici une remarque importante qui étonnera » ſans doute les Conſtructeurs, de même que toutes les autres » perſonnes qui ont quelques connoiſſances de l'Architecture » navale; les liſſes marquées par des lignes droites dans le plan, » & qui ſervent à l'achever, ne répondent point exactement con- » tre ce qu'on a penſé juſqu'à préſent aux liſſes placées de la ma- » niere ordinaire ſur le Vaiſſeau, &c. & page 43.

» Les Lecteurs qui, faute de géométrie, ne voient pas avec » aſſez d'évidence, la vérité de ce que nous avançons ici, peu- » vent s'en convaincre aiſément, à l'égard des liſſes placées » comme on les place toujours; ils n'ont qu'à les regarder d'une » certaine diſtance, & chercher s'il y a un point d'où elles paroiſ- » ſent des lignes parfaitement droites, & ils verront que non ».

M. Bouguer n'a pas aſſez connu l'uſage que les Conſtructeurs font de ces lignes tracées & rapportées ſans conſidération des hauteurs ſur le plan horizontal, qu'on nomme le plan des liſſes. Cette opération du Conſtructeur n'a lieu que pour la conduite du plan : mais pour l'exécution, il trace ce qu'on appelle les *liſſes* d'exécution & d'ouverture; pour cela, il rapporte à chaque couple, comme ordonnées, les lignes droites tranſverſales priſes ſur le plan vertical obliquement, & depuis l'endroit où elles coupent la ligne du milieu.

Tous les Lecteurs ſavent que dans la ſphere, ou généralement l'ellipſoïde, les demi-ellipſes paroiſſent des courbes à double courbures, à moins que l'œil ne ſoit dans le plan qui paſſe par la courbe & par l'axe de l'ellipſoïde; mais alors on ne retrouve plus qu'une courbe à ſimple courbure; & pour ſimplifier encore dans la ſphere, tous les cercles ſont certainement à une ſimple courbure, ſi l'œil les enviſage relativement à l'axe de la ſphere; mais ſi l'œil n'eſt pas dans ce plan, c'eſt une courbe à double courbure, dont l'équation connue rapportée aux trois plans principaux eſt $xx+yy+zz=rr$.

De même toutes les liſſes des fonds ſont, à ſimple courbure, conſidérées relativement à l'axe de longueur qui eſt dans le plan

perpendiculaire à la quille : & cet axe a pour hauteur celle où la ligne des liſſes coupe ce plan.

Rapportées à ce plan, elles ſont des courbes à ſimple courbure laquelle eſt tracée très-géométriquement : comment eût-il été poſſible en effet, que ces liſſes euſſent jamais pu être *gabariées*, ſi les Conſtructeurs n'avoient employé qu'une méthode défectueuſe. Les Conſtructeurs, cités ci-deſſus, & pluſieurs autres qui ont fait honneur à la France, & qui ont vécu avant la premiere édition du Traité du Navire, gabarioient dès-lors leurs liſſes d'ouverture.

Cette méthode, viſiblement exacte, a d'ailleurs l'avantage de la ſimplicité, & ſi l'on regarde d'ordinaire les liſſes comme courbes à double courbure, c'eſt qu'il eſt difficile de ſaiſir l'axe où elles doivent être rapportées, parce que cet axe n'eſt marqué dans le Vaiſſeau par aucune ligne viſible.

Il n'y a plus maintenant que les *préceintes* qui ſoient dans le cas d'être des courbes à double courbure, ſous quelque point de vue qu'on les conſidere; car elles ne peuvent être rapportées ſur aucun plan, ſous la forme d'une ligne droite. Il étoit à propos de donner cette idée des liſſes pour éviter qu'on ne confondît les liſſes ou lignes droites du plan vertical qui n'en ſont que la projection, avec les liſſes véritables nommées d'*exécution* ou d'*ouverture* : c'eſt d'ailleurs un devoir de rendre juſtice à un Corps tel que celui des Conſtructeurs, qui diſtingué maintenant par ſes connoiſſances, mais toujours conduit par un ſens droit & une géométrie naturelle, a prévenu la théorie par des chefs-d'œuvres.

Quoique les Pompes ſoient d'un uſage indiſpenſable dans la Marine, il ſemble que ce ſeroit une choſe étrangere à la Conſtruction, que d'entreprendre d'en donner la théorie : cette partie ſe trouve traitée dans l'Architecture hydraulique de Bélidor, dans la Phyſique de Deſagulliers, &c. Un Mémoire de M. de Borda (*Mémoires de l'Acad. Royale des Sciences, année* 1768,) renferme une théorie fort belle ſur les *étranglemens*, ou les les effets du rétreciſſement du paſſage de l'eau, &c.

CHAPITRE XVI.

De la fixation des rangs.

I.

117. IL me reste à traiter de la fixation des rangs des Vaisseaux; il ne se trouvera que de légeres différences, avec le travail fait en 1763, par ordre de M. le Duc de Choiseul, de concert avec M. de Morogues, Lieutenant Général des Armées Navales, & M. Gauthier, Ingénieur-Constructeur, maintenant employé en Espagne, avec un Brevet de Brigadier des Armées de Sa Majesté Catholique.

On a pu observer que les avantages de la longueur peuvent être détruits, parce que la hauteur résultante de cette longueur pour le point vélique, peut être trop considérable, eu égard à la tenue des mâts, (n°s 73 & 105,) & si cette condition n'est pas remplie, le Navire éprouve des excédens de résistance que j'ai nommés *accidentels*; il y a donc des limites qu'il s'agit d'établir.

La premiere question qui se présente est celle-ci: doit-on fixer le rapport des longueurs aux largeurs? Considérons d'abord deux armées égales en nombre de Vaisseaux, mais dont l'une sera composée de Navires médiocres en qualité, pendant que ceux de l'autre armée seront les uns très-supérieurs, les autres très-inférieurs à ceux de la premiere armée: il est certain que celle qui sera composée de Vaisseaux médiocres aura un très-grand avantage sur l'autre; car la nécessité de faire tous les mouvemens ensemble, annullera l'avantage des Vaisseaux très-supérieurs en qualité; si quelques-uns virent mal, c'est comme si tous viroient mal; si quelques-uns dérivent beaucoup, les autres Vaisseaux seront obligés d'arriver, &c. Cette vérité bien examinée, donne une regle générale de construction. *On ne doit pas faire des Vaisseaux dont les proportions principales aient*

des rapports très-différens, & les grands Vaiſſeaux doivent avoir un peu moins de longueur proportionnelle : mais ſi on fait des Vaiſſeaux du même rang très-longs, d'autres très-courts, l'inégalité de dérive, de facilité de gouverner, de marche vent arriere & au plus près, qui ſera toujours plus conſidérable, lorſque ces proportions principales ſeront ſans rapport fixe, ſera très-préjudiciable.

Un Tableau de ces différens rapports, pour quelques Vaiſſeaux de la même eſcadre, montrera combien il eſt néceſſaire de le fixer : on a vu

	largeur,	longueur.
le Juſte,	42 6 p^{ds}	152 p^{ces}
le Dauphin-Royal,	43	136
le Tonnant,	46	168
le Solitaire,	41 6	166
le Robuſte.	44	176

Pourroit-on trouver rien de plus propre à mettre le déſordre dans les mouvemens d'une eſcadre. Il eſt vrai qu'on ne retrouve plus des rapports, tels que ceux *du Juſte*, mais il y a encore juſqu'à 10 pieds de différence de longueur, la largeur étant la même.

II.

118. Je conviens qu'on ne peut fixer un rapport des longueurs aux largeurs, qui ſoit démontré le meilleur poſſible ; mais il ſuffit qu'on trouve des Vaiſſeaux regardés comme d'excellens voiliers faits ſur un rapport quelconque, pour qu'il ne puiſſe reſter aucun doute ſur la poſſibilité d'en faire de bons avec ce même rapport. Si les longueurs ne ſont pas outrées, ces Navires gouverneront bien, & auront cet avantage ſur ceux qui auront les mêmes qualités du côté de la marche, avec une plus grande longueur. Avant d'entrer dans un plus grand détail, on examinera ce que chaque ſyſtême de guerre exige.

On doit en conſidérer trois, celui des combats en ligne, de Vaiſſeau à Vaiſſeau au canon, & à l'abordage.

Dans le premier ſyſtême, la facilité de virer & de gouver-

ner eſt eſſentielle. Il faut pouvoir arriver dans peu d'eſpace: il eſt inutile de citer aux manœuvriers tous les cas où il peut être néceſſaire d'arriver, mais il faut perdre peu du vent, ſans cela le Navire ne peut ratraper ſon poſte: on ajoutera même qu'il faut beaucoup plus gouverner par le Gouvernail que par les voiles. Il faut encore que les Navires portent bien la voile, pour ne pas perdre l'uſage de leur premiere batterie.

Dans les combats de Vaiſſeau à Vaiſſeau au canon, la facilité de gouverner eſt un très-grand avantage, parce qu'elle permet de ſe maintenir dans les poſitions favorables: il faut encore bien porter la voile.

Si l'on veut aborder, la principale & preſque l'unique qualité que doit avoir le Vaiſſeau, eſt de bien gouverner; il eſt auſſi aſſez avantageux qu'il domine. La marche eſt néceſſaire, à la vérité, pour gagner le vent, quand on eſt ſous le vent: on ſent bien qu'on n'aborderoit pas un Navire qui ayant une marche ſupérieure voudroit ſe tenir loin ou au vent, il en eſt de même, ſi ce Navire ſupérieur en marche, vouloit éviter toute ſorte de combat; mais cela n'empêche pas qu'on ne puiſſe dire que le ſuccès de l'abordage, dépend de la facilité d'arriver, & il eſt eſſentiel d'obſerver *que le Navire très-long & qui arrive difficilement ne peut jamais aborder l'ennemi qui eſt ſous le vent & même très-près, s'il a la moindre attention à ſa manœuvre, & qu'il ſeroit même très-dangereux de vouloir s'y opiniâtrer.*

Je ne connois qu'un ſeul genre de combat où la qualité de gouverner ſoit d'une foible importance, c'eſt lorſqu'on ſe canonne à grande diſtance.

On a ſouvent répété dans le Public le proportion qu'on n'aborde plus; on en a parlé dans des ouvrages peu faits par leur nature pour de pareilles diſcuſſions: il nous ſera ſans doute permis de remarquer que notre genre de conſtruction y eſt abſolument oppoſé, indépendamment des autres cauſes qui en rendroient maintenant le ſuccès plus incertain, tels que la différence des armemens des Navires Anglois, &c.

Juſques dans les choſes les plus ſimples, il ſemble qu'on ait renoncé à l'avantage de gouverner; n'eſt-il pas étrange que nos

gouvernails aient leurs ſurfaces d'environ $\frac{1}{3}$ ou $\frac{1}{4}$ plus foibles que ceux des Navires Anglois. Il ſuffit d'indiquer cette erreur de notre conſtruction, pour eſpérer qu'on la corrigera dans les Vaiſſeaux de guerre.

Comme la marche eſt en même temps une qualité importante, il faut chercher un rapport des longueurs aux largeurs qui ait donné de très-bons voiliers; le *Soleil Royal* avoit 48 pieds 6 pouces de large, & 183 de long, le *Bizarre* 40 pieds 6 pouces de large & 151 de long; j'adopte ce rapport ou celui de $3\frac{4}{5}$ à 1, ou de 23 à 5.

On ne trouve pas que l'*Orient*, le *Solitaire*, le *Duc de Bourgogne*, &c. aient eu un avantage ſur ces Vaiſſeaux, & ainſi cette proportion paroît convenir. Le *Foudroyant*, étoit protionellement plus court; le *Magnanime*, dont les Anglois ont fait le plus grand cas avoit à peu-près ce rapport.

Comme on a eu d'ailleurs pluſieurs Vaiſſeaux de 74 canons, de Breſt, qui n'en étoient pas fort éloignés, nous penſons qu'il ne peut reſter aucun doute ſur la facilité de faire ces Vaiſſeaux, ayant 43^{ds} de large & 163 de long, puiſque pluſieurs ont même été conſtruits avec ces mêmes proportions, & que nous retranchons un grand poids de bordage, &c.

La diminution de longueur des canons permet d'en diminuer un peu l'intervalle, parce que les refouloirs & écouvillons ſont plus courts.

Enfin pour augmenter encore la facilité de faire ces Vaiſſeaux, on doit obſerver que le poids de l'artillerie eſt diminué d'environ $\frac{1}{12}$, que les bordages des ponts doivent être ſeulement de 4 pouces pour porter le 36, & 3 pour le 18.

Cependant pour prévenir les objections, je donnerai en général à tous les Vaiſſeaux 6 pouces de largeur, & 3 pieds de plus de longueur qu'il n'eſt néceſſaire.

Comme tout l'armement des Vaiſſeaux de guerre ſe rapporte au canon, il eſt eſſentiel de voir d'abord l'équipage néceſſaire à chaque Vaiſſeau.

On doit obſerver que pour armer les canons, il faut un homme par 500 liv. du poids de la piece, & le Chef en outre, ſelon

ſelon cette regle un canon de 36 peſe 72 quintaux, il faut 16[h]

24	53	12
18	40	9
12	39	7
8	21 ½	6
6	16	5
4	11 ½	4

Lorſqu'on ſe ſervoit de l'ancienne artillerie, il falloit un homme de plus pour tous les canons juſqu'au 12 compris: l'on doit augmenter le nombre de moitié à cauſe de ceux qui ne ſont pas employés à l'artillerie. Comme on pourroit vouloir comparer les armemens réſultans de cette regle, avec les anciens, on doit remarquer que les gardes de la Marine ne ſont plus portés maintenant ſur ce rôle, ni les domeſtiques, ce qui fait une différence d'une vingtaine d'hommes au moins.

Je ne crois pas qu'on puiſſe trouver une regle plus aſſurée pour régler les équipages des Vaiſſeaux, car je ne puis approuver qu'on excede le nombre néceſſaire de l'équipage. Un Vaiſſeau à trois ponts, par exemple, qui a 400 hommes d'équipages de trop, en eſt-il plus fort? Inconteſtablement il lui faut plus de vivres, d'eau; ce poids de l'équipage eſt lui-même briçolle, il contribue à faire plier le Navire, ainſi on perd de la batterie, de la ſtabilité, & il eſt très-poſſible que ce grand nombre d'hommes, par les acceſſoires qu'il entraîne, ſoit cauſe qu'on ne puiſſe ſe ſervir de la premiere batterie dans de certains temps, enfin c'eſt toujours diminuer la reſſource pour avoir un plus grand nombre de Vaiſſeaux; il eſt donc un certain point convenable; voici celui que j'ai fixé pour tous les Vaiſſeaux.

Vaisseaux à trois Ponts.

116 canons.		équipage	
16 de	36	256	hommes.
17 de	24	204	
16 de	12	112	
9 de	6	45	
58	TOTAL	617	
Moitié à ajouter		309	
Équipage.		930	

108 canons		équipage.	
15 de	36.	240	hommes.
16 de	24	192	
16 de	12	105	
8 de	6	40	
54	TOTAL	580	
Moitié à ajouter		290	
Équipage		870	

Vaisseaux à deux Batteries.

80 canons.			74 canons.		
15 de	36	240	14 de	36	224
16 de	24	192	15 de	24	280
9 de	12	63	8 de	12	56
TOTAL		495	TOTAL		460
Moitié		248	Moitié		230
Équipage		750	Équipage		700

74 canons.			66 canons.		
14 de	36	224	13 de	24	156
15 de	18	135	14 de	18	136
8 de	8	48	6 de	8	36
TOTAL		407	TOTAL		328
Moitié		203	Moitié		164
Équipage		620	Équipage		500

58 canons.			54 canons.		
12 de	24	144	12 de	18	108
13 de	12	91	13 de	12	91
4 de	6	20	2 de	6	10
TOTAL		255	TOTAL		209
Moitié		127	Moitié		109
Équipage		400	Équipage		320

54 canons.		
11 de	18	99
12 de	12	84
4 de	6	20
TOTAL		203
Moitié		103
Équigage		320

Il y à deux rangs dont je ne parle pas : celui des Vaiſſeaux de 80 canons portant 36, 18 & 8, & les Vaiſſeaux de 64 canons, portant 24, 12 & 6, je les regarde comme défectueux parce que ſi on conſerve au Vaiſſeau de 80 canons, la même largeur qu'au Vaiſſeau de 74 canons, il ſort de la regle établie pour l'égalité des mouvemens des Vaiſſeaux ; car un tel Navire a 10 pieds de plus de longueur, que celui de 74 canons ; ſi la largeur eſt augmentée proportionnellement ou à peu-près, il peut porter 36, 24 & 12.

De même le Vaiſſeau percé à 13 ſabords, forme un rang qui peut facilement porter du 18 à la 2me batterie, & du 8 ſur les gaillards, & il y a une raiſon de plus pour donner des canons d'un calibre ſupérieur aux anciens ſur les gaillards, c'eſt que la nouvelle artillerie, étant plus courte, il y a quelqu'inconvénient par rapport aux rides d'haubans.

Il faut voir maintenant quelles doivent être les proportions des Vaiſſeaux, l'artillerie & l'équipage étant donnés, avec le rapport des longueurs aux largeurs ; pour cela nous avons beſoin d'un terme de comparaiſon, je le prends dans les Vaiſſeaux tels que l'*Intrépide*, le *Monarque*, &c. qui avoient 43 pieds de large ; mais comme on a quelquefois trouvé ces largeurs foibles, je ſuppoſerai pour ce rang 43 pieds, 6 pouces & 165 de long.

En ſuivant la regle des racines cubes, du nombre d'équipage, car tout y eſt proportionnel, le Vaiſſeau de 74 canons, portant du 24, aura 2 pieds de plus de largeur : le Vaiſſeau de 80 canons doit avoir 3 pieds un pouce de plus : le Vaiſſeau de 64 canons, doit avoir 3 pieds 1 pouce, je lui donne 41 pieds de largeur : le Vaiſſeau de 58 canons, doit en avoir 37, & celui de 50 devroit avoir 36, 7 ; mais comme dans les Navires de même genre, la ſtabilité diminue comme les dimenſions, on doit la rétablir : elle eſt plus foible dans le Navire de 50 canons de $\frac{2}{11}$; le moment du 2e pont eſt plus conſidérable, parce que les hauteurs des ponts ne ſuivent pas les raiſons des largeurs : ſi le poids de l'œuvre morte, allonges, bordages eſt plus conſidérable, il y a plus de mailles, un moindre poids proportionnel de baux & bordages du premier pont, on obvie à ce dé-

faut de ſtabilité, par la plus grande dimenſion : il en eſt de même du Vaiſſeau de 58 canons & des autres.

Pour ce qui concerne le Vaiſſeau de 64 canons, j'ai toujours inſiſté ſur ce rang, parce qu'il conſtitue des Vaiſſeaux de force ; & l'opinion de M. le Vicomte de Morogues, & M. Gauthier, s'étant trouvée la même, j'ai vu avec plaiſir, quand je l'ai communiquée à M. des Lauriers, que non-ſeulement il étoit de même avis, mais qu'il avoit propoſé en 1758, de faire un tel Vaiſſeau ; ce projet avoit été agréé, & le Vaiſſeau qu'il devoit conſtruire avoit été nommé l'*Aſtronome ;* les circonſtances ont arrêté cet eſſay : M. des Lauriers vouloit 41 : 6 & 152, quoique cette dimenſion & celle que je propoſe, ſoient bonnes tous les deux, je m'en tiens à celle que j'ai fixée ; la diminution de longueur & du poids des canons actuels, faiſant que 41 pieds ſont plus conſidérables, & donnent plus d'aiſance pour le 18, que 43 pieds, avec l'ancienne artillerie, & autant que 44 pieds : quelques perſonnes trouveront d'ailleurs que la proportion demandée par M. des Lauriers, rendroit les Vaiſſeaux proportionnellement trop courts, mais il s'agit moins ici de cette différence de largeur qui, en 1758, étoit convenable, que de rendre juſtice aux vues de M. des Lauriers qui a ſenti la néceſſité de ce rang.

Je prévois que l'on dira que me voici retombé aux anciens rangs de Vaiſſeaux, tels que le *Fleuron*, le *Saint-Michel*, l'*Ardent*, &c. J'avoue que je ne puis regarder le *Fleuron* comme un mauvais Vaiſſeau ; mais d'ailleurs, je lui donne 16 tonneaux de moins de poids d'artillerie : je ſuppoſe des ponts plus légers ſur leſquels la diminution eſt encore d'environ 16 tonneaux, il ſeroit également armé avec 12 hommes de moins : ces Vaiſſeaux ont, en pieds françois, les mêmes dimenſions, à peu-près que les Vaiſſeaux Anglois ont en pieds anglois. Il eſt vrai que la différence de notre livre à la livre angloiſe, étant conſidérée, on ne trouve plus qu'un pied de plus de largeur proportionnelle.

Les Vaiſſeaux de 50 canons, portant 18 & 12, m'ont paru utiles, quoiqu'on n'en ait pas vu d'excellens ; on peut dire qu'on en a vu qui portoient bien la voile, tel que l'*Aigle* ; mais je

dois développer les raiſons qui rendent ces rangs intermediaires néceſſaires.

C'eſt une erreur de faire des rangs de Vaiſſeau très-éloignés ; par exemple, à Breſt, on ne conſtruit que des Vaiſſeaux de 40 p^ds 6 p^ces, ou des Frégates dont les plus grandes ont 34 p^ed 6 p^ces : cependant la nature forme des pieces de bois bonnes pour des Navires de 38 à 39 pieds ; qu'en fera-t-on, s'il n'y a nulle nuance entre les Navires de 40, 6 & les Frégates?

Si on réduit les pieces de bois, il y a deux choſes très-fâcheuſes, pertes de bois & de temps, par conſéquent ces rangs intermédiaires ſont utiles, puiſqu'ils emploient des bois qu'il faudroit gaſpiller. Il y a peu de choſes dans les Livres Anglois de Conſtruction ; mais ils répetent ſouvent cette obſervation, qu'il faut ménager le bois : obſervation, qui bien entendue, fait la baſe des Principes-Pratiques de conſtruction.

D'ailleurs, ces Navires de 50 canons, peuvent être d'excellens Gardes-Côtes, & bons pour les campagnes où on aura peu de vivres, ils ſeront bons voiliers quand on voudra

L'épaiſſeur des allonges doit être 10 pouces ; j'approuverois aſſez la méthode Angloiſe pour les rempliſſages qui eſt de les eſpacer, parce que je penſe que cela contribue à la durée des Navires : enfin ce rang traité par d'habiles Conſtructeurs, deviendra utile ; ils méritent qu'on en faſſe aſſez de cas pour penſer que leur capacité ne ſe borne pas à faire de bons Vaiſſeaux, avec de grandes dimenſions & très-peu d'artillerie, & pour leur propoſer avec confiance les choſes utiles, quand elles n'exigent que de ne pas ſe négliger ſur les diverſes attentions ; d'ailleurs, ce rang a de fortes dimenſions par rapport à ce qu'il doit porter.

J'ai remarqué que les anciens Vaiſſeaux conſtruits il y a 40 ou 50 ans, étoient fondés en général ſur les raiſons de guerre & d'économie, on n'avoit pas tout-à-fait aſſez fait d'attention à la marche.

Les Vaiſſeaux à trois ponts ſont de deux ordres ; j'avoue que le premier percé 16 & 17, paroît devoir être rejetté ; le ſecond percé 15 & 16, doit être d'uſage ; mais de tels Vaiſſeaux ne doivent pas être conſtruits pour ſept mois de vivres ; il

ſuffit qu'ils ſoient conſtruits pour cinq mois au plus, quoiqu'ils puiſſent être faits à 48 pieds de large, je ſuppoſe qu'on leur donne 48 pieds 6 pouces de large, & 180 de long, & 900 hommes d'équipage.

On peut remarquer que ces Navires ſont proportionnellement plus courts que trois fois $\frac{1}{4}$ leur largeur, c'eſt une néceſſité de rendre leur proue plus obtuſe, car leurs extrêmités ſont néceſſairement appéſanties, & ſi on veut les faire aiguës, cette erreur de conſtruction ſera réparée par la nature qui en les arquant, les rendra plus obtuſes : on n'y gagnera qu'une déformation du Navire : ſi on la prévient dans le Port par des coffres, qui ſoulagent les extrêmités, cette déformation ſe fera en mer d'une façon plus dangereuſe : car enfin, rien ne peut s'oppoſer à cette loi de la nature qui exige une conformité entre le déplacement & le poids : on a vu deux exemples de ces Navires ſoutenus dans le Port, le *Royal-Louis* & *l'Eſpérance* ; tous les deux ont fait beaucoup d'eau, & ont eu de la peine à revenir : ainſi cette pratique doit être abſolument rejettée. On doit, par l'arrimage, ſoulager les extrêmités des Vaiſſeaux à trois ponts, cela eſt facile, quand ils ne ſont pas forcés en équipage & avec cinq mois de vivres.

Pour ôter toute idée de ſyſtême, il eſt bon d'y rappeller ici les proportions des Navires Anglois tirées du Dictionnaire de Falconer.

PROPORTIONS DES NAVIRES ANGLOIS.

Rangs.	Canons.	Longueur.		Largeur.		Longueur.		Largeur réduite.	
		en pieds Anglois.				*en pieds François.*			
1	100	186 p^ds 0 p^ces		51 p^ds	10 p^ces	174 p^ds 4 p^ces		47	0
2	90	177	6	50	0	166	4	45	2 à 45
3	74	168	3	47	4	157	9	43	2
	64	159	0	44	4	149	0	40	4
4	50	146	0	40	4	137	0	36	10 environ.
5	44	140	9	37	2	131	3	34	0
	36	128	4	35	9	120	4	32	10
6	28	118	4	33	8	111	0	31	0
	24	113	0	32	1	106	0	29	6
Corvettes, *ou* SLOPS.	16	98	0	27	2	92		25	0

Nota. Les mesures Angloises sont prises en dehors des bordages pour les réduire aux mesures Françoises, indépendamment de la réduction proportionnelle à la différence des mesures Angloises & Françoises, on a ôté les épaisseurs des *préceintes* ou bordages de flottaison des deux bords.

Le *Royal-George* étoit construit à 51 pieds Anglois de large, dont ôtant 1 pied 8 pouces de bordage ou préceinte, reste 49 pieds 4 pouces, & cette largeur réduite à 46 pieds, 3 François; les anciens Vaisseaux à 3 ponts de 100 canons Anglois avoient la largeur de ceux du second rang actuel.

Nota. Les Vaisseaux Anglois du premier rang sont percés 15 & 16, & portent des canons de 42, 24 & 12 livres de balle, c'est-à-dire, de 39, 22 & 11 de nos Livres. Leurs bordages de flottaison sont très-forts.

Je ne suis pas pour les Vaisseaux de 116 canons, il leur faudroit 50 pieds 6 pouces de large au moins, & leur grande

longueur feroit qu'ils ne seroient pas plus forts que des Navires qui auroient 8 canons de moins; d'ailleurs, de tels Navires ont plus d'épaisseur d'allonges, & les bois de fort échantillon, sont toujours d'une plus foible durée. Voici donc les rangs des Vaisseaux de guerre que je propose, & qui pourroient même être tous diminués de 6 pouces de largeur & 2 pieds de long.

RANGS DES VAISSEAUX DE GUERRE.

		Calibre.			largeur,		longueur.
					pds	pce	
Vaisseaux à trois Ponts de	108 canons	36	24, 12 &	6	48	6	& 180
Vaisseaux à 2 batteries de	80	36	24 &	12	46	3	& 175
	74	36	18 &	8	43	6	& 165
	64	24	18 &	8	41	0	& 155
	58	24	12 &	6	39	0	& 146
	54	18	12 &	6	37	9	& 139

J'ai observé qu'un Navire qui n'a qu'un canon de plus par batterie, n'est pas sensiblement plus fort qu'un Navire qui a un canon de moins, & a du reste le même calibre, & sur-tout s'il faut à manœuvrer; & delà il se présente une question intéressante; les Vaisseaux à deux batteries ne devroient-ils pas avoir pour limites ceux de 74 canons portant 36 pieds, 24 & 12? quelles devroient être leurs proportions? de pareils Navires doivent avoir 710 hommes d'équipage, & il faut observer que leurs canons de 24 & 12 & 36, soient de la nouvelle fabrique; & il en résulte que leur largeur doit être de 45 pieds & leur longueur 170; c'est la pensée de M. le Comte de Roquefeuil.

On doit faire réflexion que c'est la proportion des anciens Navires Anglois de 100 canons à 3 ponts, & il semble qu'il n'en faut pas davantage pour prouver la facilité de faire ces Navires

Navires : ce rang mérite d'être examiné ſans prévention. Je penſe que le *Magnanime* porte cette artillerie ; car il ſort de rangs Anglois de 74 canons, & à 700 hommes d'équipage.

Les proportions déterminées ci-deſſus ſont bonnes ; mais ſi l'on ſe déterminoit à diminuer les bordages des Ponts, ſelon la méthode Angloiſe, & notre ancienne conſtruction, on devroit donner 6 pouces de moins de largeur, & 2 pieds de moins de longueur aux différens Navires.

Nous joindrons ici quelques obſervations : les Vaiſſeaux de 108 canons étant deſtinés à être *Vaiſſeaux Pavillons* auront 900 hommes d'équipage. Il n'y a nulle difficulté à les conſtruire, puiſqu'ils ont 1 pied & $\frac{1}{2}$ de plus de largeur, & 6 pieds de plus de longueur que les Vaiſſeaux du premier rang Anglois actuels.

Ceux de 80 qui portent 36, 24 & 12, ne peuvent avoir de difficulté ; c'eſt le *Royal George*, Vaiſſeau à trois ponts dont les Anglois font grand cas, & allongé de 8 pieds ; les Vaiſſeaux de 74 canons tiennent un milieu entre les diverſes largeurs des Navires François actuels.

Pour ſentir la néceſſité de donner aux Vaiſſeaux de 66 canons, 24, 18 & 8 : il ſuffit de voir la foibleſſe du rang actuel, dans tous les temps, où il ne peut ſe ſervir de ſa premiere batterie, & ſuppoſer qu'il rencontre une Frégate Angloiſe de 44 canons, de 18 & 9 liv. de balle. Les Navires Anglois, d'une moindre largeur ; portent 32, 18 & 9 ; il eſt donc inconteſtable que les nôtres peuvent porter 24, 18 & 8. *Nota* : la livre, poids de marc eſt à celle des Anglois dont il s'agit ; que l'on nomme *avoir du poids* : : 14 : 13.

Ce ſont les mêmes principes qui ont déterminé à rétablir les Vaiſſeaux percés 12 & 13 pour porter du 24, l'uſage que font les Anglois de Navires proportionnellement plus petits, ne laiſſe encore aucune idée de ſyſtême : au contraire, on pourra augmenter encore la force de nos Navires, ou diminuer leurs proportions ; il nous ſuffit de montrer qu'il en réſultera une grande économie, & de l'indiquer.

Le rapport qui ſe trouve entre les différens poids des Navires fait que la diminution ſur un genre de poids, entraîne une

diminution ſur preſque tous les autres. Le poids de la coque doit être moindre, ainſi que celui des agrêts & du leſt correſpondant, & ils forment environ les $\frac{1}{3}$ du poids total.

Je ſuppoſe maintenant que ſur le reſtant du chargement, on faſſe un retranchement de 40 tonneaux de poids; il n'importe que ce ſoit ſur l'artillerie, ou ſur les équipages & leurs vivres, ou même par quelque diminution particuliere du poids de la coque; cette diminution étant connue, celle de l'autre partie lui ſera proportionnelle, ou pourra être de 80 tonneaux, ainſi le Navire pourroit avoir 120 tonneaux de moins de déplacement total, & comme il ne faut pas porter le retranchement juſqu'au point où il peut aller, dans la crainte de quelque erreur, on pourra donner 100 tonneaux de moins de déplacement.

Il y a une obſervation à faire: lorſque l'artillerie n'éprouve pas de changement, il eſt bon de ne pas affoiblir les allonges, au moins pour les premiers rangs qui portent cette artillerie, & le total des retranchemens de poids ne doit être que le double de celui qui a été donné.

Ce n'eſt donc pas ſans raiſon que l'on penſe que la diminution du poids des bordages des Vaiſſeaux de 74 canons évalué à 20 tonneaux, celle de l'artillerie qui eſt de 23, celle du leſt, qu'on peut ſuppoſer de 27, qui forment un total de 70 tonneaux, permettent de faire avec facilité ces Navires à 43 pieds de large, & 164 de long, puiſque l'on pourroit leur donner 200 tonneaux de moins de déplacement qu'aux anciens Vaiſſeaux, & ſi on les faiſoit ſur le même plan, on pourroit diminuer de $\frac{1}{36}$ ces dimenſions.

Il en eſt de même des Vaiſſeaux de 58 canons que l'on propoſe, ils peuvent ſe faire avec facilité avec les dimenſions qu'on a fixées.

Les hauteurs des batteries, lorſque la ſtabilité eſt la même, doivent être fixées à peu-près proportionnellement aux largeurs; mais il eſt des attentions indiſpenſables. Tout ſe réduit à faire enſorte que le Navire conſerve dans un combat, le plus long-temps qu'il eſt poſſible, l'uſage de ſa premiere batterie, Le Vaiſſeau où elle eſt le plus élevée, peut porter aſſez

mal la voile pour s'en ſervir moins long-temps que celui qui en a une moindre, mais qui a plus de ſtabilité. Si même les deux batteries peuvent être à l'eau par la même force, ou à peu-près, ce ſera le Navire qui eſt alors incliné du moindre angle qui ſera préférable tant à cauſe de la Navigation, que parce que l'uſage des batteries ſera plus facile quand elles ſeront peu inclinées.

Il eſt utile de ſoumettre ces effets au calcul : un exemple le rendra facile à comprendre ; on propoſe d'élever d'un pied le creux d'un Navire de 74 canons qui a 4 pieds de batterie, il en aura donc 5, les poids qui participeront à cette élévation ſont ceux des ponts & gaillards, artillerie, équipage, ancres, & quelques parties d'agrès qui ſeront élevés d'un pied, cela fait environ un $\frac{1}{5}$ du déplacement total dont le centre ſera par conſéquent élevé de 4 pouces ; le poids d'augmentation de la coque étant ſuppoſé en diminution du leſt, éleve encore le centre de gravité du 8e d'un pied, ainſi il eſt élevé en total de $\frac{1}{8}$ d'un pied. Par ce que l'on ſait de la ſtabilité, l'inclinaiſon augmente dans la même raiſon que la diſtance du centre de la charge au métacentre diminue : l'inclinaiſon augmentera donc de $\frac{1}{4}$, & ſuivra le rapport de 4 à 5, ſi les diſtances du métacentre au centre de gravité, dans les deux poſitions, ſont comme 5 à 4, ou ſi $\frac{1}{8}$ de pieds, ſont la 5e partie de la diſtance du métacentre au 1er centre de gravité, qui, par conſéquent auroit alors été de 1 pied $\frac{7}{8}$.

Si leur diſtance étoit plus conſidérable, il y a quelqu'avantage à élever la batterie ; mais ſi elle étoit moins forte, ſi elle n'étoit que de 1 pied ou 1 pied $\frac{1}{2}$, on perdroit l'uſage de la batterie en l'élevant.

Des Frégates.

C'eſt principalement pour les Frégates que la longueur a varié, elle a été 3 $\frac{4}{5}$, & juſqu'à 4 $\frac{1}{4}$ la largeur ; on conviendra que les Frégates ſont faites pour marcher ; mais ce grand rapport de la longueur à la largeur, a-t-il donc aſſuré la marche : un exemple particulier, n'eſt pas ſuffiſant, parce que cet exemple dépend quelquefois d'une circonſtance ſinguliere, & de ce qu'on n'avoit que de mauvaiſes Frégates pour terme de comparaiſon ; ſi un ſeul exemple ſuffiſoit, on citeroit l'*Opale*, la *Belle Poule*, la *Syrene* ſur-tout dont la marche s'eſt ſoutenue vis-à-vis un grand nombre de Bâtimens différens, & qui n'a été priſe que quand on a oublié qu'une Frégate n'étoit pas un Navire Marchand. *Nota.* Leur longueur eſt 3 $\frac{4}{5}$ la largeur.

On a eu pluſieurs Frégates forr longues ; la *Nimphe* qui a été la plus longue, le *Maréchal de Belle-Iſle*, joint par des Frégates Angloiſes de peu de réputation ; la *Silphide* qui, dans l'Inde a eu une grande réputation ; la *Therpſicore*, bonne voiliere, mais ſans avantage ſur la *Chimere*, la *Danaë* qui a été priſe ; l'*Aigrette*, la *Veſtale*, la *Bouſonne* que des Navires proportionnellement plus courts, ont quelquefois jointes.

Ces grandes longueurs ne donnent donc pas une marche inconteſtablement ſupérieure, & du côté de la guerre, elles donnent un déſavantage certain : ma théorie en indique la cauſe, elle eſt dans la grande élévation du point vélique, ſi on ſuppoſe même plan, même différence de tirant d'eau, il eſt vrai qu'on le corrige en partie par l'arrimage, &c.

L'allégiſſement leur eſt peu favorable d'ailleurs ; ainſi l'avantage que donne la longueur ſe perd en très-grande partie ; il ſemble cependant que quoique la marche ſoit avantageuſe, quand on voit des Frégates auſſi longues, & même plus, que les anciens Vaiſſeaux de 64 canons ; que le *Magnanime*, ancien Vaiſſeau à trois ponts porter 26 canons : il eſt difficile de ne pas penſer que ce ſont des découvertes fort cheres ; on a été juſqu'à faire ces Frégates, ſans canons de gaillards, on a enſuite diminué le nombre des canons en batterie, eſt-il donc démon-

tré que ce retranchement eſt avantageux à un point qui faſſe que l'on doive y compromettre l'honneur des armes du Roi ; car quand ces Frégates, qui ſont très-longues, ſont priſes par des Bâtimens de plus foibles dimenſions, il s'en fait une comparaiſon publique qui eſt d'un mauvais effet pour nos équipages, qui encourage les Navires Anglois, & leur fait prendre une idée de ſupériorité ; enfin, ſi elles joignent une Frégate Angloiſe, elles auront un déſavantage.

On a retranché les canons des gaillards dans un très-grand nombre de ces Navires. Si on eût voulu jetter un coup d'œil ſur les anciennes Frégates de 46 canons, je doute qu'on s'y fût jamais déterminé. Craignons d'abandonner des avantages réels pour d'imaginaires & non démontrés ; car enfin, qu'eſt-ce que cela fait à la marche ?

L'honneur des armes du Roi, l'honneur des Officiers, qui en eſt inſéparable, eſt intéreſſé à rétablir ces canons ; mais avant d'entrer dans une diſcuſſion à ce ſujet, il eſt à propos de prévenir toute objection.

Quel uſage ſe propoſe-t-on de faire des Frégates ; ſervent-elles en eſcadre ; & ſuppoſe-t-on qu'elles n'ont à remplir que la fonction de découvertes ; ſi on craint que les canons de gaillards n'empêchent de remplir cet objet, ſi on a même éprouvé qu'ils ſont nuiſibles à la marche, on les mettra dans la calle, & tout ſera réparé ; mais il leur arrivera quelquefois de joindre un Navire qu'il ſera important de degréer ; on remontera ces canons, c'eſt l'affaire d'un quart d'heure ; elles ſont détachées pour convoyer, leurs canons de gaillards ſont indiſpenſables ; enfin, comme elles ſont à même de mettre leurs canons dans la calle, quand ils nuiront à la marche, le pis aller ſera d'avoir la peine de faire cette manœuvre : il n'y a donc nulle raiſon plauſible pour faire des Frégates ſans canons de gaillards : le pis aller, c'eſt de les porter & rapporter ſans s'en être ſervi.

Quoique je penſe que ce raiſonnement eſt ſans réplique, ſuppoſons un inſtant qu'on ne ſoit pas maître de prendre ce parti, & voyons ſi les canons de gaillards préjudicient à la marche.

Les Frégates ſont faites pour naviguer droites, or, les poids ſupérieurs font que le Navire plie davantage, donc cela nuit

beaucoup à la marche, & il faut par conſéquent en diminuer l'artillerie; c'eſt le ſeul argument plauſible qui ait été fait contre les canons de gaillards. La réponſe faite ci-deſſus, y eſt applicable; on peut mettre les canons dans la calle: mais, enfin, toutes ces raiſons ſont-elles bien véritables?

On conviendra que les Navires ſont faits pour avoir de la ſtabilité, & que les poids ſupérieurs la diminuent; mais quelle raiſon peut-on apporter pour montrer que la marche vent arriere, & ſur les routes qui en approchent doit en être affectée? Une Fregate de 34 pieds de large portant 8 canons de 8 ſur les gaillards, pourra, dans quelques cas, plier de deux pouces de plus, que ſi elle n'en a pas: ce ſera dans des cas fort rares. J'ai fait les calculs pour de plus grandes quantités, ſans trouver de différence de marche ſenſible; pourquoi donc ſe perſuader qu'il doit en réſulter de ſi grands déſavantages?

Mais enfin, eſt-il bien décidé qu'au plus près, le Navire qui plie un peu plus, marche le plus mal; que le Navire qui porte ſupérieurement la voile, eſt le meilleur voilier: il y avoit jadis dans la Marine, une opinion contraire; & une opinion dans ces ſortes de choſes, eſt le réſultat de ce qu'on a vu arriver le plus fréquemment, & que l'on ſe perſuade devoir arriver encore.

Ainſi, *l'Amazone* qui marchoit bien au plus près, plioit beaucoup; le *Zéphire* dont le fort de la marche étoit au plus près, ne laiſſoit pas de plier; le *Duc de Bourgogne* qui la porte ſupérieurement, va mal au plus près; je ſais que cela peut dépendre de ce qu'en général, un Navire qui porte bien la voile, a ſes flottaiſons fort groſſes; mais l'on fait un peu pencher les bateaux pour qu'ils gagnent dans le vent, lorſqu'ils ne ſont pas déja fort inclinés: la *Malicieuſe* inclinée marchoit mieux que l'*Opale*; elle portoit moins bien la voile: au reſte, ce ne ſont que des exemples particuliers qui laiſſent encore la queſtion indéciſe, quoique ma théorie qui exige le concours des actions de l'eau & du vent pour la poſition parfaite, ſemble être à l'appui de cette opinion. Mais n'entrons pas davantage dans une difficulté qui n'eſt pas abſolument conſtatée par les faits, qui eut demandé des calculs rigoureux, & qu'il nous ſuffiſe de voir qu'on ne peut ſuppoſer qu'il doive en réſulter une grande perte de marche.

De l'Équipement des Frégates.

118. Comme les Frégates ſont moins chargées d'artillerie que les Vaiſſeaux de guerre, eu égard à leurs dimenſions, la partie de leur équipage qui n'eſt pas employée au canon, doit être proportionnellement plus conſidérable. Dans la fixation des équipages, on n'a pas eu égard aux croiſieres : lorſqu'elles y ſeront deſtinées, on pourra leur donner une vingtaine d'hommes de plus.

Comme les canons actuels ſont d'un poids moindre que les anciens, & qu'il eſt utile d'avoir ſur les gaillards des canons qui ne ſoient pas trop courts pour les dégager des rides d'hauban, on peut fixer ainſi les Frégates, elles ſont toutes faites à une ſeule batterie & gaillards.

RANGS DES FRÉGATES

38 Canons.			Nombre	Largeur.		Longueur.
Total.	Batterie.	Gaillards.	d'hommes.	pds	pces	pds
38	28 de 12	10 de 8	260	34	6	134
34	26 de 12	8 de 6	220	32	6	126
30	24 de 8	6 de 6	180	30	6	118
26	22 de 8	4 de 4	150	28	6	110
22	20 de 6	2 de 4	120	26	0	100

On peut abandonner aux eſſais toutes les Corvettes inférieures à celles ci, & même la derniere, & en général, tous les Navires qui portent une artillerie moindre que les canons de 8.

Les Frégates n'étant jamais dans le cas de combattre en ligne, on peut leur donner de longueur 4 fois la largeur,

c'eſt-à-dire, 4 pieds de plus, ou, ſi l'on veut, 2 pieds de moins que les proportions établies ci-deſſus.

Lorſque l'on voudra faire porter le 8 nouveau, avec 28 pieds 6 pouces de large, il faudra former les allonges, de même que celles de l'unicorne.

Je n'ai qu'une obſervation particuliere ſur la Frégate ſuppoſée porter du 8, c'eſt qu'elle a $\frac{1}{11}$ moins de ſtabilité que la *Sirene*, ſi elle eſt faite ſur le même plan, ce qui eſt peu de choſe; mais quoiqu'il ne ſoit pas difficile de lui donner la même ſtabilité à peu-près, par un très-leger changement, il ſemble qu'on peut rejetter ce rang, qui d'ailleurs n'eſt pas d'une grande conſéquence.

Je ſuppoſe toujours, que ſuivant la regle générale Angloiſe, on donnera aux bordages des ponts, 4 pouces pour le 36, 3 $\frac{1}{2}$ pour le 24, 3 pour le 18, 2 $\frac{1}{2}$ pour le 12, 2 pour le 8, 1 $\frac{1}{4}$ pour le 6 & le 4.

On doit encore obſerver que la diminution du poids de l'artillerie & de la charge, fait qu'il n'y a aucun doute ſur la force ſuffiſante des allonges.

On croit être entré ici dans un détail ſuffiſant ſur ce qui a rapport aux rangs des Vaiſſeaux.

Une queſtion ſouvent agitée, d'une foible importance à la vérité, ne doit pas être négligée. On a regardé ces teugues ſur les Frégates, avec une chambre pour le Capitaine, & le ſecond, comme très-préjudiciables à la marche, d'autres Officiers ont eu une idée différente; je citerai M. de Graſſy qui étoit une des perſonnes où le génie de la conſtruction étoit le plus reconnoiſſable, & un très-grand nombre de perſonnes inſtruites.

Mais comme un très-grand nombre de Conſtructeurs & habiles Officiers y eſt oppoſé, il faut examiner quels ſont les déſavantages qui peuvent en réſulter. La marche vent arriere, ne peut en être affectée; au plus près la bricole réſultante eſt abſolument inſenſible; il n'y a même qu'une ſurface d'environ de 30 pieds, expoſée au vent, & encore avec une obliquité conſidérable: d'ailleurs; la bricolle eſt très foible, car une telle chambre ne peſe pas plus de 2 tonneaux avec le baſtingage, &

s'ils

s'il y a un endroit où la mouſqueterie puiſſe être placée avec quelqu'avantage, c'eſt ſur cette dunette. La batterie eſt plus parée, ſur-tout pour les affaires de nuit; le Commandant eſt plus préſent à la manœuvre, que s'il eſt ſous le gaillard, puiſqu'il entend tout ce qui ſe fait au gouvernail, choſe importante. En flotte & en convoi, où en chaſſe devant une eſcadre, il ne la perd pas de vue, pour ainſi dire; d'un autre côté, je n'y trouve aucun inconvénient ſenſible.

On regarde maintenant comme une perfection de conſtruire des Frégates pour naviguer avec peu de différence de tirant d'eau. Que l'on conſtruiſe ainſi les Navires Marchands qui doivent entrer dans des Ports où il y a peu d'eau, les Navires du premier rang, ſi l'on veut, pour augmenter pareillement la facilité d'entrer dans les Ports, il y a de bonnes raiſons; mais pour les Frégates, on ne trouve aucun motif qui puiſſe balancer la perte d'une partie de l'étendue qu'on peut donner commodément au Gouvernail; car la ſurface qu'on veut oppoſer à la réſiſtance latérale, étant donnée, le Gouvernail du Navire qui aura un pied de plus de différence de tirant d'eau, enfoncera dans l'eau d'un demi-pied de plus; c'eſt en outre la partie inférieure du Gouvernail qui eſt la plus large, & qui reçoit toutes les impulſions du fluide avec le plus de facilité dans toutes les poſitions.

Il ſeroit poſſible que le ſyſtême de guerre vînt à changer, & qu'il fallût ſe rapprocher davantage des anciens Navires; ſacrifier preſque tout à la force réelle qui conſiſte à avoir une forte artillerie, une ſtabilité ſuffiſante & bien gouvernée; mais il eſt inutile de nous occuper maintenant de ces poſitions générales, qui peut-être n'auront jamais lieu.

Je terminerai ces réflexions ſur les Frégates, par une comparaiſon d'une d'entr'elles avec le Vaiſſeau Amiral des Provinces-Unies, nommé les *Sept Provinces*, commandé par le fameux Amiral Ruyter, & conſtruit en 1665.

La *Silphide*, 26 canons;	Les *Sept Provinces* 80 canons.
Longueur 145 p^ds 4 p^ces environ.	Longueur 142 p^ds 6 p^ces
Largeur 34 6	Largeur 37 6

Comme nos principes de Conſtruction ſont généraux ; il eſt facile de les adapter aux Navires Marchands ; leur forme doit être variée ſelon la qualité de leur chargement : des Galions doivent avoir, par exemple, une forme différente des Navires qui portent des mâtures & autres choſes légeres : il eſt preſque impoſſible de donner une marche avantageuſe à ces derniers Navires, les premiers peuvent être abſolument faits pour la marche. Quoique les Bâtimens Marchands en général ne puiſſent être d'excellens voiliers, il eſt certain qu'on peut dire que ce genre de Conſtruction eſt trop négligé, qu'en général la longueur devroit être augmentée : ce ſera l'objet d'un Ouvrage particulier.

CALCULS DE LA FRÉGATE L'*UNICORNE*.

On n'a diviſé cette Frégate qu'en quatre lignes d'eau principales, la 5e eſt une ligne d'eau ſubſidiaire, pour remédier à la convexité des Fonds.

DÉPLACEMENT.

Lignes d'eau.		IVe	IIIe	I I^e	Ier	½ ſubſidiaire.
moitié du	5 AV.	23 5	8 0	3 5	1 5	
	4	73 0	60 0	40 0	15 0	moitié 3 0
	3	82 2	75 0	60 0	33 0	12 0
	2	87 3	82 0	72 5	50 5	24 0
	1	89 5	85 0	75 0	57 0	36 0
	M	90 0	85 5	76 5	60 0	44 0
	1 AR.	89 0	84 0	74 0	57 0	36 5
	2	87 0	81 0	68 0	46 5	26 5
	3	84 0	75 0	57 0	30 0	16 0
	4	79 0	64 5	37 0	18 0	9 0
	5	68 5	43 0	18 0	8 0	4 5
Moitié du	6	22 0	7 0	3 0	1 5	1 5
Somme		875	750	587	377	213

Moitié de la 4e ligne d'eau	437
3e entiere	750
2e entiere	587
Moitié de la 1re	189
TOTAL	1963 A

Nota. La Quille a trois parties de largeur à chaque couple, & il y en a 12, cela fait 36.

Moitié de la 4e ligne d'eau	189
3e entiere	213
Moitié des largeurs de la quille	18
TOTAL	420
Moitié	210 B

Nota. On prend la moitié de la ſomme 420, parce que les diſtances de cette partie ſont la moitié des autres.

On ajoute les ſommes A & B, 2173 × par la diſtance des couples 49

PRODUIT 106477 C

TRIANGLE DES EXTRÉMITÉS.

Demi largeur des couples.	25 0	× distance à l'Etrave.	46 = 1150	moitié	575
	17 0		39	entier	663
	8 5		27	entier	228
	3 0		4	entier	12
On y ajoute celle de l'Etrave & Etambot, lesquels ont 1 partie ½.	23 5	× distance à Etambot.	46 = 916 5	moitié	540
	8 5		41	entier	353
	4 5		37	entier	166
	3 0		32	entier	96
	3 0		28 = 84	moitié	42

On a ajouté les produits C = 106 477 D 2675
& D = 2 675

Somme 109 152 × l'intervalle des 18 ⅓ lignes d'eau.

Solidité de la carene 2001 120

Pour réduire cette solidité exprimée en parties égales à une solidité exprimée en pieds cubes, on fera cette analogie, le cube de 90 demi largeur en parties égales : cube de 15 pieds ½ demi largeur en pieds :: 2001 120 : nombre de pieds cubes : ainsi du logarithme 60312 710 / 23344 536 = 39668 174 de 2001 120, on ôtera le triple de la différence 7781 512 des logarithmes de 90 & 15 ½.

Ce logarithme est celui de 9265 pieds cubes ; la capacité entiere est le double, parce qu'on ne mesure que des demi-largeurs, le déplacement en tonneaux est 9265 divisé par 14 ou 661 tonneaux & trois quarts.

Nota. Je ne calcule pas la hauteur de la quille, ni l'étrave & l'étambot, parce que leur poids est égal au déplacement, & qu'ainsi ce calcul devient inutile.

HAUTEUR DU CENTRE DE GRAVITÉ.

Le point d'appui eſt à la quille. Je cherche les ſurfaces des lignes d'eau, en multipliant la ſomme des largeurs priſe au déplacement par 49, diſtance des couples, & ajoutant les triangles des extrêmités.

Lignes d'eau,	Surfaces,	Bras de levier,	Momens.
Quille, moitié	733	$0\frac{1}{5}$	244
Ligne ſubſidiaire.	10 524	1	10 524
1re ligne moitié.	9 350	$1\frac{3}{5}$	15 583
TOTAL	20 607		26 351

Les diſtances de ces lignes d'eau étant la moitié des autres, on ne doit prendre que la moitié de ces ſurfaces, & le quart des momens, parce que, ce que l'on nomme ici 1, n'eſt effectivement qu'une demi-ligne d'eau: ainſi on a

	10 303		6 588
Partie ſupérieure de la Carene.			
1re moitié.	9 350	$1\frac{1}{3}$	12 467
2e	29 126	2	58 252
3e	37 710	3	113 130
4e moitié.	22 446	$3\frac{2}{3}$	82 335
TOTAL	108 935		272 772

diviſant les momens par les ſurfaces, on a $2 + \frac{54902}{108935}$, ou comme les diſtances des lignes d'eau ſont $18\frac{1}{3}$, on multiplie 54902 par $18\frac{1}{3}$, & diviſant par 108935, on a environ 9 parties $\frac{1}{6}$: le centre de gravité eſt donc à 46 parties au deſſus de la quille; on les réduit en pieds & pouces par la regle de trois, 90 parties : 186 pouces demi-largeur : : 46 parties : 94 ou 7 pieds 10 pouces.

POSITION DU CENTRE DE GRAVITÉ

DANS LE SENS DE LA LONGUEUR.

*Le point d'appui eſt au milieu, & je néglige l'*élancement *& la* quette, *parce que cela facilite le calcul, & qu'il n'y a pas d'erreur ſenſible.*

COUPLES AV.

Lignes d'eau,	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
4 moitié	44 5	43 5	14 5	36 5	25	
3	85 0	82 0	75 0	60 0	16	
2	75 0	72 5	60 0	40 0	3	
1	57 0	50 0	32 0	15 0	3	
Sommes	261 × 1	248 × 2	208 × 3	151 × 4	45 × 5	
Momens	261	496	625	605	225	

COUPLES AR.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
4 moitié	44 5	43 5	41 5	39 5	34 0	22 0
3	85 0	81 0	75 0	64 5	43 0	14 7
2	75 0	68 0	57 0	39 0	18 0	5 0
1	57 5	46 0	15 0	9 0	4 0	3 5
Sommes	262 × 1	238 × 2	188 × 3	152 × 4	99 × 5	45 × 6
Momens	262	477	565	608	495	270

Somme des momens de l'arriere, 2742
de l'avant, 2212

la différence des momens ci-contre eſt	530
Pour corriger ce que la difference de tirant d'eau donne de momens de plus de l'arriere, il eſt ſuffiſamment exact de multiplier les largeurs de la ligne d'eau ſubſidiaire, par $\frac{1}{3}$ de la différence de tirant d'eau ; on les trouve à l'article du déplacement ; & comme la différence de tirant d'eau eſt égale à une diſtance de ligne d'eau, multipliant 210 par $\frac{1}{3}$ on a	70
Somme	600
qu'on multiplie par la diſtance des couples	49
Il faut multiplier par 8 pieds 6 pouces ce produit qui eſt le moment des ſurfaces,	29 400

on a 249 900 qu'on doit diviſer par 3 12 375, ſomme des ſurfaces, le quotient $\frac{2\,5\,0}{3\,1\,2}$ d'un pied étant réduit, donne 10 pouces en arriere du M^e^ ; ou 2 pieds 7 pouces en avant du milieu pour la poſition du centre de gravité.

STABILITÉ LATÉRALE.

Couples	Largeur.		Cubes.
5 AV.	8 4	les trois quarts ſont	432
4	12 6		1953
3	14 8		4153
2	15 4		3375
1	11 4		3605
M	15 5	les cubes ſont pris	3665
1 AR.	15 4	en entier.	3605
2	15 0		3375
3	14 3		2894
4	13 4		2360
5	11 8		1588
6	7 6	les trois quarts ſont	317
		SOMME	30323

On la multiplie par la diſtance des couples 8 p^ds 6 p^ces

produit	257	745
& la ſtabilité homogene en eſt les $\frac{2}{3}$ ou	171	830
diviſant la ſtabilité homogene par le déplacement	18	530
on a l'élévation du métacentre au deſſus du centre de figure qui eſt de	9	4
Sa hauteur au deſſus de la flottaiſon eſt	4	8

STABILITÉ

STABILITÉ

DANS LE SENS DE LA LONGUEUR.

On ſuit les Regles expoſées, N° 28.

Couples	Largeurs pds	pces			Momens.	
M.	15	5	×	$\frac{1}{12}$		10
1 AV. & AR.	30	8	×	1	30	8
2 AV. & AR.	30	0	×	4	120	0
3 AV. & AR.	28	11	×	9	260	3
4 AV. & AR.	25	10	×	16	413	4
5 AV. & AR.	20	0	×	25	500	0
6 AR.	7	6	×	36	270	0
Triangle AV. $\frac{1}{4}$ de	8	7	×	33	68	0
Triangle AR. $\frac{1}{4}$ de	7	9	×	45 $\frac{1}{2}$	92	0
				Sommes	1755	
qu'il faut multiplier par la diſtance					8	6
On doit doubler le produit					14917	

parce qu'on ne calcule qu'une moitié du Vaiſſeau, & ſi on ſuppoſe que la différence 1 qu'il y a d'un couple à l'autre, exprime des lignes, il faudra diviſer 29834 double de 14 917 par 144, nombre de lignes contenues dans un pied, on trouvera 207 pieds cubes; c'eſt le poids qui, tranſpoſé d'une diſtance ou de 8 pieds 6 pouces, change la différence de 13 lignes, c'eſt la même choſe que 62 tonneaux $\frac{1}{3}$ à un pied, & pour un pouce, ce ſeroit 58 tonneaux, ou 2 tonneaux à 29 pieds.

TABLE DES CUBES

Pour les Calculs de la Stabilité.

p^ds	p^ces	cubes	différence.
26		17 576	336
25	10	17 240	331
25	8	16 909	327
25	6	16 582	323
25	4	16 259	319
25	2	15 940	315
25	0	15 625	311
24	10	15 314	306
24	8	15 008	302
24	6	14 706	298
24	4	14 408	294
24	2	14 114	290
24	0	13 824	286
23	10	13 538	282
23	8	13 256	278
23	6	12 978	274
23	4	12 704	270
23	2	12 434	267
23	0	12 167	263
22	10	11 904	259
22	8	11 649	255
22	6	11 390	251
22	4	11 139	247
22	2	10 892	244
22	0	10 648	240
21	10	10 408	237
21	8	10 171	233
21	6	9 938	229
21	4	9 709	226
21	2	9 483	222
21	0	9 261	219

p^ds	p^ces	cubes	diff.
20	10	9 042	215
20	8	8 827	212
20	6	8 615	209
20	4	8 406	206
20	2	8 202	202
20	0	8 000	198
19	10	7 802	195
19	8	7 607	192
19	6	7 415	189
19	4	7 226	185
19	2	7 041	182
19	0	6 859	179
18	10	6 680	176
18	8	6 504	173
18	6	6 331	170
18	4	6 161	166
18	2	5 995	163
18	0	5 832	160
17	10	5 672	157
17	8	5 515	155
17	6	5 360	152
17	4	5 208	149
17	2	5 059	146
17	0	4 913	143
16	10	4 770	140
16	8	4 630	137
16	6	4 493	135
16	4	4 358	132
16	2	4 226	130
16	0	4 096	127

p^ds	p^ces	cubes	diff.
15	10	3 969	124
15	8	3 845	121
15	6	3 724	119
15	4	3 605	116
15	2	3 489	114
15	0	3 374	111
14	10	3 264	109
14	8	3 155	106
14	6	3 049	104
14	4	2 945	102
14	2	2 843	99
14	0	2 744	97
13	10	2 647	94
13	8	2 553	92
13	6	2 461	90
13	4	2 371	88
13	2	2 283	86
13	0	2 197	84
12	10	2 113	81
12	8	2 032	75
12	6	1 953	77
12	4	1 876	75
12	2	1 801	73
12	0	1 728	71
11	10	1 657	69
11	8	1 588	67
11	6	1 521	65
11	4	1 456	63
11	2	1 393	61
11	0	1 331	60

SUITE DE LA TABLE DES CUBES.

pds	pces	cubes	différence
10	10	1 281	58
10	8	1 213	56
10	6	1 557	54
10	4	1 103	52
10	2	1 051	51
10	0	1 000	49
9	10	951	48
9	8	903	46
9	6	857	44
9	4	813	43
9	2	770	41
9	0	729	40
8	10	689	38
8	8	651	37
8	6	614	35
8	4	579	34
8	2	545	33
8	0	512	31

pds	pces	cubes	diff.
7	10	481	30
7	8	451	29
7	6	422	28
7	4	394	26
7	2	368	25
7	0	343	24
6	10	319	23
6	8	296	22
6	6	274	20
6	4	254	19
6	2	235	18
6	0	216	17
5	10	199	16
5	8	183	16
5	6	167	15
5	4	152	14
5	2	132	13
5	0	125	12

pds	pces	cubes	diff.
4	10	113	12
4	8	101 5	11
4	6	91	10
4	4	81 5	9
4	2	72 5	9
4	0	64	8
3	10	56	7
3	8	49	6
3	6	43	6
3	4	37	5
3	2	32	5
3	0	27	

CALCULS DES RÉSISTANCES.

AVANT.

I signifie *Impulsions*, D *Directes*, V *Verticales*, A *Absolues*, R *Relatives*.

Suite des Triangles.	au V.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7	20 à 61	455	150	1564	513
6	1 à 4	295	74	420	105
5	1 à 5	295	59	1400	280
4	1 à 6	125	21	300	50
3	1 à 10	125	12 ½	156	15
2	5 à 40	40	1	43	1
1		25	½		
			318		964

Suite.	au III.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7	2 à 41	110		800	
6	2 à 41	150	21	1300	175 ½
5	2 à 41	150		1550	
4	1 à 18	200	23	2050	209
3	1 à 18	200		2750	
2	1 à 26	190	7	2500	96
1	1 à 41	190	6	3150	77
			57		557

Suite.	au I.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7					
6					
5					
4	1 à 260	les réſiſtances		1550	
3	1 à 260	relatives ſont		1400	446
2	1 à 260	inſenſibles.		2750	
1	1 à 260			5900	

au	IV.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
10 à	66	260	83 ½	1300	454 ½
10 à	66	290		1700	
10 à	84	290	65	2050	447
10 à	84	255		1750	
2 à	25	255	10 ½	2500	200
1 à	24	120	5	1500	46
1 à	26	120	2 ½	1400	54
			166		1201

au	II.	IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
1 à	150	50	0 ⅓	680	4
1 à	85	70	1 ⅓	800	20 ½
1 à	85	70		1150	
1 à	41	130	6 ½	1550	94
1 à	41	130		2300	
1 à	41	170		2750	68
1 à	85	190	0 ½	4850	97
			9		253

Sommes des IRD. 550

le Taillemer a une partie & demie de large, & 70 de hauteur, & il diminue la réſiſtance de moitié, ainſi elle eſt de 52

réſiſtance AV 602

ARRIERE.

Suite au VI.		IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7	10 à 51	411	81	2190	547
6	1 à 20	120	6	84	4
5	1 à 36	120	3	686	19
4					
3					
2					
1					
			90		570

au V.		IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
1	à 11	245	22	2550	232
1	à 9	290	64	3000	728
1	à 9	290		2550	
1	à 16	125	8	750	47
1	à 21	125	6	1050	50
1	à 50	40	1	200	4
1	à			600	0
			101		1061

Suite au IV.		IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7	1 à 25	110	4	1400	56
6	1 à 16	220	14	2550	160
5	2 à 21	220	21	1650	252
4	1 à 17	210	25	2550	176
3	1 à 17	210		2150	
2	1 à 26	110	4	1050	40
1	1 à 37	110	3	1600	43
			71		707

au III.		IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
1	à 61	60	1	600	13
1	à 27	110	8	1400	102
1	à 27	110		1750	
1	à 19	180	19	2630	278
1	à 19	180		2800	
1	à 26	130	5	2150	83
1	à 36	130	4	2800	78
			37		554

Suite au II.		IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
7	1 à 130	40		550	4
6	1 à 58	70	2	800	36
5	1 à 58	70		1300	
4	1 à 36	110	6	1750	111
3	1 à 36	110		2250	
2	1 à 30	170	11	2800	240
1	1 à 30	170		4400	
			20		391

au I.		IDA.	IDR.	IVA.	IVR.
1	à 600			400	
1	à 400			550	4
1	à 400			1000	
1	à 80	60	1	1300	39
1	à 80	60		1800	
1	à 60	110	4	2250	127
1	à 60	110		5400	
			5		170

SUITE DES CALCULS.

Suite au M	IDA	IDR	IVA	IVR		Sommes des IRD.	325
7							
6						L'Etambot a deux parties & demie de large ſur 90 de haut; la réſiſtance eſt	225
5							
4	1 à 280	les réſiſtances	1000		9	Réſiſtance avant	612
3	1 à 280	relatives ſont	1600				
2	1 à 150	inſenſibles.	1800		47	Réſiſtances totales	1162
1	1 à 150		5800				
					61		

La réſiſtance ainſi exprimée en parties égales devroit être doublée parce qu'on ne calcule qu'une moitié du Navire, mais d'un autre côté (par le n°. 46), la réſiſtance eſt double, parce qu'on calcule l'avant & l'arriere. Pour réduire la réſiſtance en pieds quarrés, on fera attention que 90 parties, répondent à 186 pouces de largeur, & que 80 parties en hauteur, font 151 pouces : ainſi on fera cette analogie 90 × 80 : 186 × 151 :: 1162 : nombre de pouces quarrés qu'il faut diviſer par 144 pour avoir le plan réſiſtant en pieds, ou de la ſomme des logarithmes de 186 : 151, & 1162, on retranche ceux de 90, 80 & 144, le reſte eſt le logarithme de 31 pieds 4 pouces.

Nota. J'aurois dû prendre la moitié des impulſions directes de la ſuite n° 1, mais la réſiſtance doit être plus forte que la calculée, quand ce ne ſeroit qu'à cauſe des inégalités de la carene.

HAUTEUR DU POINT VÉLIQUE.

On commence par prendre le moment des impulſions verticales, dans le ſens de la longueur. On ſuppoſe leur centre au milieu de l'intervalle des couples, ce qui eſt ſuffiſamment exact, hors pour les extrêmités.

M AR		$71 \times \frac{1}{2}$	30
1 AV & AR		$214 \times \frac{1}{2}$	321
2 AV & AR		$644 \times \frac{1}{2}$	1610
3 AV & AR		$1111 \times \frac{7}{2}$	3885
4 AV & AR		$1908 \times \frac{9}{2}$	8588
5 AR		$1061 \frac{11}{2}$	5830
5 AV		$964 \times 5 \frac{1}{3}$	5141
6 AR		$570 \times 6 \frac{1}{3}$	3610
	Momens		29018

Il faut ajouter l'impulſion du *Taillemer* qui ayant $1 \frac{1}{2}$ partie de large & 350 de long; à une ſurface de 525; la réſiſtance eſt la moitié ou $262 \times 5 \frac{1}{2}$: momens 1440

Momens ci-contre, 29818

Total, 30458

Il faut maintenant faire attention que la valeur des parties égales, quand la diſtance des lignes d'eau = 20, celle des parties dont 200 ſont la diſtance des couples :: 200 : 54 : ainſi ces 30458 ſe réduiſent à 8223 qu'il faut diviſer par 1162, ſomme des impulſions directes, le quotient eſt $7 + \frac{89}{1162}$ diſtances de couples ou 60 pieds 2 pouces.

Il faut y ajouter la hauteur du centre de l'impulſion directe: pour cela on ajoute celles de la 7e & 6e ſuite, qu'on multiplie par $3 \frac{1}{2}$; celles de la 5e & 4e, par $2 \frac{1}{2}$; celles de la 3e & 2e par $1 \frac{1}{2}$; celles de la 1re, par $\frac{1}{2}$; celles de l'étrave & de l'étambot par 2 : ces moments ſont 3092, qui diviſés par 1162 font $2 \frac{2}{3}$: diſtances de lignes d'eau, ou 8 pieds 5 pouces, ainſi le point vélique eſt 68 pieds $\frac{1}{2}$ au deſſus de la quille, ou 56 au deſſus de la flottaiſon.

Augmentation des réſiſtances dans les routes obliques.

La formule qui l'exprime eſt $2\,m^2\,A\left(\frac{x^2+y^2}{x^2+y^2+z^2}\ \frac{-2Y^2}{x^2+Y^2}\right)$ ou ſi l'on veut $2\,m^2\,A\left(\frac{c^2}{c^2+p^2}-2IDR\right)$ A ſe prend, page 196 & ſuivantes; c'eſt la colonne ID A, ou le triangle de projection ſur le maître couple; c eſt la diſtance des lignes d'eau, p la perpendiculaire, ſur le côté du Vaiſſeau ou CD, (*fig.* 21); on donnera la forme ſuivante au calcul.

V^e	A	c^2, c^2+p^2	$\frac{A\,c^2}{c^2+p^2}-2\,IDR$	augmentation de réſiſtance,
7	455	10 à 15	303 — 300	+ 3
6	295	10 à 11	266 — 148	118

Pour prévenir les difficultés qui pourroient arrêter ceux qui veulent calculer les Vaiſſeaux, ſans en avoir la théorie très-préſente à l'eſprit, on obſervera 1° que ſi 2 IDR eſt plus grand que $\frac{A\,c^2}{c^2+p^2}$ on aura le ſigne — & ce ſera une diminution de réſiſtance.

2° La perpendiculaire p ſe prend ſur le plan des lignes d'eau, dont chaque trapéſe ſe partage en deux triangles. Dans cet exemple, on abaiſſe la perpendiculaire du point ou la 3e ligne d'eau, coupe le 5e couple, pour la ſuite, n° 7, & pour la 6e, on la baiſſe de l'*étrave* ſur la 4e ligne d'eau, elle eſt la plus petite diſtance à la courbe.

Pour la partie vers le milieu du Navire, la réſiſtance (n°s 54 & 46) eſt $2\,mn\,A\,xy\,\frac{c^2}{c^2+p^2}$ mais ſi la dérive eſt petite n & $x=r$ & m, y & p ſont auſſi ſenſiblement égaux, ainſi la quantité devient $2\,A\,m^2\left(\frac{c^2}{c^2+y^2}\right)$.

Ces calculs s'appliquent à la réſiſtance latérale, la ſeule différence eſt qu'on retranche une ſeule fois la réſiſtance relative; & qu'au lieu de multiplier la quantité pour $2\,m^2$, on la multiplie par $2\,mn$.

RÉSISTANCES

RÉSISTANCES LATÉRALES ET OBLIQUES.

AVANT.

V.

Suite	A	$\frac{c^2}{c^2+p^2}$	AC	RL	RO.
7	455	10 à 15	303	153	3
6	295	10 à 11	268	196	120
5	295	10 à 16	186	127	68
4	125	20 à 23	109	88	67
3	125	3 à 4	94	12	70
2	40	10 à 12	33	32	31
1	25				
				608	359

IV.

A.	$\frac{c^2}{c^2+p^2}$	AC.	RL.	RO.
260	100 à 144	180	141	111
290	100 à 166	181	137	93
290	100 à 204	142	108	73
255	100 à 172	148	137	106
255	100 à 270	93	83	73
120	100 à 148	81	76	71
120	2 à 3	80	78	76
			760	603

III.

7	110	100 à 122	90	85	80
6	150	100 à 145	181	173	165
5	150	100 à 170	142	134	126
4	200	100 à 204	148	137	125
3	200	1 à 3	93	81	70
2	190	10 à 18	81	74	67
1	190	10 à 38	89	74	68
			758		701

II.

30	10 à 11		45	45	44
30	5 à 6		58	57	56
70	5 à 7		50	49	48
130	100 à 165		88	86	84
130	100 à 122		106	104	102
190	10 à 28		68	65	63
190	10 à 34		26	26	25
				432	402

IIe Cas.

	A			RL. & RO.
7 } 6 } 5	40	25 à	26	39
4	45	5 à	7	
3	45	5 à	7	
2	105	10 à	28	
1	105	10 à	28	
				178

	RO	RL
Sommes AV.	2065	2558
page suiv. AR.	1614	1883
Double des résistances AV & AR. du 2e cas.	1076	
TOTAL	4755	4443

ARRIERE.

VI.

Suite A.	$\frac{c^2}{c^2+p^2}$	AC	RL	RO
7 411	10 à 21	195	114	33
6 120	106 à 101	119	113	107
5 120	10 à 17	70	69	64
			294	204

V.

A	$\frac{c^2}{c^2+p^2}$	AC	RL	RO
245	10 à 28	87	65	43
290	10 à 31	93	61	39
270	10 à 24	121	89	57
125	8 à 9	111	103	95
125	10 à 13	96	90	84
40	40 à 41	39	39	39
			447	357

IV.

7	110	2 à 3	73	68	65
6	220	2 à 5	88	74	60
5	220	4 à 11	80	59	38
4	210	10 à 27	78	66	54
3	210	10 à 22	95	82	69
2	110	10 à 13	85	81	77
1	110	10 à 18	61	58	55
				488	418

III.

60	10 à 12		51	49	48
110	10 à 15		73	69	65
110	10 à 18		62	58	54
180	10 à 26		69	60	51
180	10 à 32		56	46	36
130	10 à 22		59	54	49
130	10 à 32		40	36	32
				372	335

II.

7	40	10 à 10	36	36	36
6	70	10 à 12	58	56	54
5	70	2 à 3	47	46	45
4	110	3 à 9	61	58	55
3	110	10 à 27	41	38	35
2	170	10 à 32	53	48	45
1	170	1 à 7	18	18	15
				300	282

IIe Cas.

A			RL	RO.
60	25 à 26		58	58
	à			
90	9 à 10		81	81
90	9 à 10		81	81
130	1 à 2		70	70
140	1 à 2		70	70
				360

EXPOSÉ du Calcul des Réſiſtances obliques & latérales.

Les réſiſtances latérales RL ſe trouvent, en retranchant de la colonne AC qui eſt la réſiſtance abſolue & corrigée pour l'inclinaiſon verticale, l'impulſion relative directe déſignée par IDR, page 196 & ſuivantes, pour avoir les réſiſtances obliques RO, on en retranche le double.

Le défaut de place a engagé à ſupprimer la colonne IDR; ainſi qu'à faire répondre les ſuites des triangles à deux couples différentes, mais les Calculateurs feront bien de mettre cette colonne après la colonne AC pour avoir toute la ſuite du travail; on s'eſt determiné d'autant plus volontiers à la ſupprimer dans ce modele de calculs qu'il n'y a aucune difficulté pour le Calculateur qui ſe contentera de copier cette colonne IDR.

On ſuppoſe une foible dérive, que m eſt, par exemple $\frac{1}{10}$, ou la dérive de $5^{d}\ \frac{1}{4}$, ce qui diſpenſe de diminuer les réſiſtances de l'étrave & de l'étambot dans le rapport du quarré du ſinus de l'obliquité à celui du rayon.

On a trouvé que la réſiſtance oblique eſt augmentée de 4755 qu'il faut multiplier par m^{2} ou diviſer par 100.

On a donc pour l'augmentation de réſiſtance $47\ \frac{1}{2}$ parties qui $=$ 1 $p^{d}\ \frac{1}{4}$, ce qu'on trouve par l'analogie (indiquée p. 198) 90 demi-largeur $\times$ 20 diſtance des lignes d'eau, en parties égales: 186 demi-largeur $\times$ 38 diſtances des lignes d'eau en pouces :: $47\ \frac{1}{2}$: 186 pouces quarrés ou 1 pied $\frac{1}{4}$, ainſi la réſiſtance augmente dans cet exemple $\frac{1}{25}$.

Nota. On multiplie par m^{2} & non par $2\ m^{2}$, parce que calculant l'avant & l'arriere, il faudroit enſuite prendre la moitié du produit.

Quoique ce ne ſoit pas exactement le 2e couple de l'avant & de l'arriere qui ſépare le point où commence la 2e formule, on a pu le ſuppoſer, ſans erreur ſenſible, parce qu'à ce point précis, les deux formules ſont les mêmes (n° 52) ainſi il y a peu de différence, l'erreur eſt foible, & l'on peut la négliger, d'autant plus que la quantité totale eſt foible.

Pour avoir la réſiſtance latérale des parties entre le 2 AV & AR, qui forment le 2e cas, on cherche la diminution de réſiſtance ſur le maître couple, produite par l'inclinaiſon verticale, lorſqu'il va latéralement; pour cela on porte chaque diſtance de ligne d'eau de 10 à 10 ſur la ligne des plans le nombre ſur lequel tombe la corde de la portion de courbe du maître gabarit, ſera la réſiſtance abſolue, on verra ici que la réſiſtance diminue à peu-près comme 2 : 1. La diſtance des couples eſt 49 parties, & celle des lignes d'eau 20, ainſi l'eſpace latéral compris entre deux couples & deux lignes d'eau eſt 3920 : il y a 4 diſtances de lignes d'eau & de couples, il faut donc multiplier cette quantité par 16, c'eſt la ſurface totale dont on prendra la moitié à cauſe de la diminution de réſiſtance, on a 31360

Quille 600 parties ſur 8 $\frac{1}{2}$ de hauteur	5100
Maſſifs.	4000
Total	40460

On doit diviſer par 100 ou multiplier par m^2 cette partie ainſi on a 404 parties de réſiſtance; celle du 1er cas 4441 doit être doublée, car l'expreſſion générale, quand on calcule l'avant & l'arriere eſt $2\,mn$; ainſi on a 8882 & n étant à peu-près $= r$ multipliant 8882 par $m = \frac{1}{10}$ on a 888 qui ajoutés à 404 font 1292, réſiſtance latérale.

Ceci mérite la plus grande attention, l'impulſion latérale du vent eſt à la directe au moins :: 8 : 3 quand on conſidere voiles, coque & agrêts, & la réſiſtance latérale à proportion de la directe devroit donc être 3200, ce qui donneroit pour moindre dérive celle d'un quart. La cauſe de cet excédent de réſiſtance qui diminue la dérive eſt la hauteur du centre des voiles, par rapport à celui des réſiſtances latérales. En effet, (n°s 71 & 73) la marche avantageuſe demande le concours du centre des voiles & des impulſions. Si cette condition n'eſt pas remplie, la marche ſera moins prompte, ſoit qu'il s'agiſſe de la marche directe ou de la marche latérale qui eſt la dérive.

Position du Point Vélique dans le sens de la longueur, le maître couple sert de point d'appui, on a les impulsions latérales.

	I L:	Momens.			
Au 5 AV.	608 × 5 ½	3344	6 AR.	294 × 6 ½	1911
4	760 × 4 ½	3480	5	447 × 5 ½	2458
3	758 × 3 ½	2753	4	488 × 4 ½	2196
2	432 × 2 ½	1080	3	377 × 3 ½	1302
			2	300 × 2 ½	750
Momens AV.		10657			8617
AR.		8617			
Différence.		2040			

Pour réduire cette différence à des quantités absolues, il faut la multiplier par $2\,m\,n = 2\,m$ ou diviser par 5 la dérive étant $\frac{1}{10}$, ainsi on a $\frac{2040}{5}$ ou 408.

Les résistances latérales du 2e cas sont AV 178 & AR 360: la différence 180 étant × 2 m^2 ou $\frac{1}{5} = 36$ multipliée par 1 distance moyenne au M^e^, & retranchée de 408, parce que la plus forte résistance de ce 2e cas étant en arriere, est opposée à la plus forte du 1er cas, on a 372 pour la somme des momens exprimée en distance de couples, & comme cette distance est 8 pieds 6 pouces, on multiplie 372; par 8, 6, & on divise le produit 3136 par 1292 somme des résistances latérales, ainsi le point vélique est à 2 p^ds^ ½ en avant du maître couple.

On a négligé dans tous ces calculs, la différence du tirant d'eau, elle est 3 pieds en arriere; le moment est environ 150 pieds réunis à 25 pieds, en arriere du maître couple: le produit est 3600 qu'il faut diviser par 100, ou multiplier par m^2; le quotient 36 étant $\frac{1}{14}^e$ des momens ci-dessus, ne change pas sensiblement le lieu du point vélique.

Si on ſuivoit la théorie ordinaire ; on ne calculeroit que l'avant ; alors on diviſeroit 10657 ſomme des momens par 2553, & l'on auroit pour quotient 4, diſtances ou environ 35 pieds en avant du maître couple ; ainſi le centre des voiles devroit être fort peu en arriere du mât de miſaine, ce qui étant abſurde, cette théorie eſt inadmiſſible ; & il faut en revenir à calculer l'avant & l'arriere.

Quoiqu'il ſoit aſſez inutile de calculer le moment de la plus grande impulſion directe ſous le vent, lequel eſt à arriver, parce que ſi d'un côté l'impulſion eſt plus forte, d'un autre côté, le ſoutien eſt plus conſidérable, & qu'ainſi il n'en réſulte qu'une différence inſenſible pour le lieu du point vélique, il eſt utile de montrer à le calculer.

On fera d'abord attention qu'il s'agit de trouver la différence d'action ſur les deux côtés de la proue : la différence d'action eſt en général $4\ A\ nmxy$, & à cauſe qu'il s'agit de ſurfaces inclinées, on a $4\ m\ n\ A\ xy, \left(\frac{c^2}{c^2+p^2}\right)$ ou la moitié de cette quantité, quand on calcule l'avant & l'arriere : ainſi on prend page 201 & ſuiv. la colonne A C, & on la multiplie par $\frac{xy}{rr}$ ou par $\frac{p}{r}$, pour avoir p on porte y excédent des largeurs d'un couple à l'autre du plan vertical ſur la ligne des largeurs dans le plan des lignes d'eau, & en dedans, ainſi les 7 & 6e ſuites de triangles ſe portent à compter de la 4e ligne d'eau ; les 5e & 4e ſe portent de la 3e ; les 3e & 2e ſe portent depuis la 2e ; la premiere ſe prend depuis la 1re ligne d'eau : de ce point, ou tombe l'autre extrêmité de y, on prend la plus foible diſtance à la ligne d'eau, ce qui donne $p.\ r$, où la corde de la partie de ligne d'eau ſe porte ſur la ligne des parties egales de 100 à 100, le nombre ſur lequel tombe p donne le rapport de p à r. Le calcul ſe fait ainſi : r eſt toujours 100 ; la valeur de p eſt en 100e de parties.

AVANT.

AC × $\frac{p}{100}$			AC × $\frac{p}{100}$			AC × $\frac{p}{100}$			AC × $\frac{p}{100}$		
303	58	167	180	45	81	90	22	20	48	10	4
266	38	89	181	40	72	111	30	33	58	15	8
184	45	83	142	48	66	88	30	27	40	17	9
108	20	22	147	48	69	98	36	35	88	23	26
93	40	37	194	48	45	67	38	25	106	25	26
32	12	4	81	18	14	105	35	37	68	33	33
			81	22	18	30	33	17	26	32	9
		402			365			194			109

Pour avoir les moments, on peut calculer en même temps les deux triangles qui ont la même baſe le point d'appui eſt au milieu: la premiere colonne eſt la 3^{e} ci-deſſus, la 2^{e} eſt la diſtance au milieu, la 3e eſt le moment.

V.			IV.			III.			II.		
157	27	4504	81	60	4860	20	80	1600	4	85	240
172	10	1720	138	46	6248	60	70	4200	28	80	2240
5	1	5	54	26	1534	60	51	3060	39	62	3953
60	5	305	32	10	320	54	24	1196	9	40	360
		6539			12962			10056			6893

La partie vers le milieu étant inſenſible parce qu'elle eſt $=\int 2m^{2}$ A ou 3 $\frac{1}{2}$, & que le moment n'eſt que de 250, on peut le négliger, ainſi la ſomme des momens 36450 doit être multipliée par 4 m ou $\frac{4}{10}$, on a 14580, qu'on doit diviſer 1292 total des impulſions latérales: le quotient eſt 12 parties ou 2 pieds, dont le point vélique ſe rapprocheroit du milieu, & cette quantité étant très-foible, n'empêche pas que dans l'hypotheſe où on calculeroit l'avant ſeul: la poſition du point vélique ne ſoit également défectueuſe.

Selon ma théorie, on calculeroit l'avant & l'arriere, &

on trouveroit que l'effet de la plus grande Impulſion directe ſous le vent, eſt détruit par la moindre action de l'eau ſur l'arriere.

C'eſt encore une regle générale de Conſtruction : *Si les couples de l'avant & de l'arriere étoient ſemblables, mais eſpacés différemment, enſorte que la proue fût plus courte que la poupe, l'impulſion directe, lorſque la route eſt oblique, feroit venir au vent ;* mais la plus grande inclinaiſon verticale de l'arriere empêche cet effet.

F I N.

EXTRAITS des Regiſtres de l'Académie Royale de Marine des 28 Septembre & 16 Novembre 1775.

MESSIEURS le Vicomte de Morogues, Lieutenant-Général des Armées Navales, & le Chevalier de Borda, Lieutenant de Vaiſſeau, qui avoient été nommés pour examiner un Traité de Conſtruction, par M. le Comte du Maitz de Goimpy, Capitaine de Vaiſſeau, en ayant fait leur rapport; l'Académie a jugé cet Ouvrage digne de l'impreſſion, qu'elle a approuvé être faite ſous ſon Privilege; en foi de quoi, j'ai ſigné le préſent Certificat. A Breſt, le 27 Mars 1776.

DE MARGUERY, Secrétaire de l'Académie Royale de Marine.

ERRATA.

Le Lecteur eſt prié de corriger les fautes marquées dans cet Errata: on a négligé de marquer celles qu'il eſt très-facile de ſuppléer.

PAGE 4, ligne antépénultieme, *dez* OP
5, ligne 3, & O, *liſez* o. Ligne 25, +3.4, *liſez* × 3. 4.
Idem, ligne antépénultieme, fig. Q, *liſez* fig. 2.
7, ligne 6 du N° 8, *ajoutez*: on trouve (Dictionnaire de la Marine d'Auban, art. Doublage) qu'anciennement quelques Navires étoient doublés de cuivre: cette méthode a été renouvellée par les Anglois, il y a une quinzaine d'années; pluſieurs de leurs Frégates ont été ainſi doublées.
9, ligne 11, dans intervalles, *liſez* dans les intervalles.
10, ligne 3, pouvoit-on, *liſez* pourroit-on.
12, ligne antépénultieme, qui rend la méthode générale & préférable, *liſez* qui fait que la méthode générale eſt préférable.
12, ligne 15, AD, *liſez* AO. Ligne 21, par la force de l'expérience, *liſez* par l'expérience.
15, lig. 3, leur, *liſez* le. Ligne 10 NCO, *liſez* NCD.
Idem lig. 10, après les triangles, *ajoutez* BCD, BCA ſont égaux, puiſque les triangles.
16, lig. 5, dont on prend le point d'appui, *liſez* qui ſert de point d'appui.
17, ligne 6, à n° 15, *liſez* à celle du n°. 15 Lig. 14, qu'un condition, *liſez* qu'une condition.
20, ligne 3, de l'action de la réaction, *liſez* de l'action & de la réaction.
Ligne 26, de la $\frac{1}{3}$, *liſez* de $\frac{1}{2}$.
Ligne 28, $\frac{1}{3}$ BE^2, *liſez* $\frac{1}{2}$ BE.
22, ligne 17, puiſqu'on ſon, *liſez* puiſque ſon.
24, ligne 11, 20, *liſez po.* Ligne 28, $\frac{1}{3}$ *oi*, *liſez* $\frac{1}{3}$ *pi.*
25, ligne 9, où ils ont été, *liſez* où ils l'ont été.
26, ligne 29, × 3 $\frac{1}{3}$, *liſez* × 5 $\frac{1}{3}$.
27, ligne 12, 1610, & ſeroit diminuée d'un dixieme, *liſez* 1110, & ſeroit diminuée d'un tiers.

Page 39, ligne 28, *ou a la longueur*, liſez *on a la longueur.*

44, ligne 24, amplitiude, *liſez* amplitude. Ligne 31, 39 $^{d}\frac{1}{2}$, *liſez* 40 ^{d}.

47, ligne 21, GA^2+RC, *liſez* GA^2+RC^2. Même ligne P (GA+BC) *liſez* P (GA^2+BC^2).

50, ligne antépénultieme, M. l'Abbé le Boſſut & Euler qui ont remporté le prix, ainſi que ceux de MM. Bouguer & Euler, *corrigez ainſi*: les Mémoires de MM. l'Abbé le Boſſut & Albert Euler, dans le Recueil des Pieces compoſées à l'occaſion des prix propoſés par l'Académie Royale des Sciences, ainſi que le Traité du Navire, compoſé par M. Bouguer, & celui qui eſt intitulé: *Scientia Navalis.*

52, Table des Vagues, 3e colonne, 0 22, *liſez* 0 12.

55, lig. 12 $(y-a^2,)$ *liſez* $(y-a)^2$. Même ligne $(r-y^2,)$ *liſez* $(r-y)^2$.

57, (fig. 22), *dans la figure, il faut mettre* P au lieu de O.

61, 9e ligne du n° 48, IK, *liſez* CP.

67, n° 49 ligne 3, qui prouve, *liſez* qu'éprouve.

n° 49, ligne 8, Em, *liſez* EM.

63, ligne 18, par P, *liſez* par B.

63, n° 31, *mettez en marge*, (fig. 25 bis).

Nota. On marquera par C dans cette figure, l'interſection de la ligne AB, & de la perpendiculaire tirée du point P

64, ligne 6 PA. AO, *liſez* PA. AO^2.

Ligne 17, 2 ($m^2y+n^2-m^2$) liſez $2m^2y+2(n^2-m^2)$.

Ligne 26, $2m^2dy+$ (&c. *liſez* $2m^2dy+2$ (&c.

Ligne 27, $2m^2y+$ (&c. *liſez* $2m^2y+2$ (&c.

Ligne 31, $2m^2y+$ (&c. liſez $2m^2y+2$, (&c.

Nota. Ces fautes n'étant que des fautes de copies, les réſultats n'en ſont pas affectés.

77, ligne pénultieme $\frac{2X^2}{3}+\frac{4}{9}-\frac{28}{27X^2}$ *liſez* $\frac{2X^2}{3}+\frac{4}{9}+\frac{28}{27X^2}$.

78, ligne 2, abaiſſe, *liſez* abciſſe.

79, ligne 4, (fig.) *corrigez* fig. 29.

80, ligne 22, &c. A, *liſez* &c. — A.

82, ligne 18, $\frac{357\frac{1}{2}}{260}$ *liſez* $\frac{357\frac{1}{2}}{240}$.

82, N° 65, ligne 2, celui de 41, *liſez* de 4 à 1.

83, ligne 17, on ne doit pas, *liſez* on doit.

Idem, après le 1er article, *ajoutez la note ſuivante*: cette remarque eſt trop générale, *voyez* les pages 207 & 208.

88, N° 71, 3e ligne, l'avant & l'arriere s'abaiſſent, *liſez* l'avant s'éleve & l'arriere s'abaiſſe.

89, ligne 5, $\frac{38+25}{2}$ ſoit réuni à 5 pieds, *liſez* $\frac{30+20}{2}$ ſoit réuni à 6 pieds.

derniere ligne, *ajoutez* & du défaut de ſoutien de l'étambot.

93, comme MO : CM, *liſez* comme MN : CM.

94, $\frac{\text{Sin O. cos I}}{V}$ *liſez* $\frac{\text{Sin O. cos I}}{r}$.

97, ligne 28, à la regle au compas, *liſez* à la regle & au compas.

109, ligne 2, qu'on ſuppoſera, *liſez* on ſuppoſera.

112, ligne 11, après viteſſe du rameur, *mettez* :.

N° 91, ligne 2, eſt toujours, *liſez* étoit toujours.

117, Il n'y a donc pas de rapport bien déterminé, *liſez* il vaut donc mieux exceder le rapport déterminé, que rendre la rame plus courte.

Page 117, 26ᵉ ligne, 27, 440, 440, 000, *liſez* 27, 440, 000. Même ligne, $\frac{1}{10\ 16}$

liſez $\frac{1}{10.\ 16}$

124, ligne 34, *tels qui ſont, & tels qu'il*, liſez *tels qu'ils ſont, & tels qu'ils.*

127, ligne 24, produit, *liſez* y produit.

136, N° 108, *ôtez* maintenant. *Nota.* L'addition des réflexions ſur les triremes, rend la tranſition défectueuſe.

149, ligne 10, devroit une parabole, *liſez* devroit être une parabole.

150, ligne 23, 130 liv. 25, *liſez* 130 liv. × 25.
ligne, 32, 130 livres, 16 *liſez* 130 livres × 16.
ligne 33, *ôtez* le mot poids.

151, ligne 12, c'eſt donc près de 700 pieds cubes de bois du côté de l'économie, *liſez* c'eſt donc une épargne de 700 pieds cubes de bois.

167, ligne 29, le proportion, *liſez* ce propos.

168, ligne 10. $3\frac{4}{5}$ à 1 ou de 23 à 5 *liſez* $3\frac{1}{4}$ ou $3\frac{4}{5}$ à 1 ou 19 à 5,
ligne 19, & 163, *liſez* & 165.

170, derniere ligne, équipages des Vaiſſeaux de 54 canons, 330 ʰ.

175, 8 lignes avant la derniere réduite, *liſez* ſe réduit.

176, 11 lignes avant la derniere, s'il faut à manœuvrer, *liſez* s'il faut manœuvrer.

179, ligne 18 & 23, $\frac{1}{8}$ *liſez* $\frac{11}{14}$, le réſultat $1\frac{7}{8}$ devient $2\frac{7}{24}$

192, Largeur du 1, AV. 11 4 liſez 15 4.

199, 2ᵉ colonne, Moments 29818, *liſez* 29018.

200 avant derniere ligne pour $2m^2$ *liſez* par $2m^e$.

205, ligne 15, par en bas, $2m^2$ *liſez* $2\ m\ n$.

Quoiqu'une erreur dans le calcul du 3 AV, page 201, & réparée par un carton, en ait néceſſité d'autres dans le reſte de la feuille, il ſuffit de montrer comment on doit faire dans ces ſortes de cas, pour éviter une peine ſuperflue.

1° Page 203, lig. 17, 4755, *liſez* 4555, la différence de réſiſtance eſt 200, & puiſque 23ᵉ ligne, 4755 parties n'ont donné que 1 pᵈ $\frac{1}{4}$, 200 ne donneront qu'une réſiſtance inſenſible, & $\frac{1}{24}$ de celle qu'on avoit trouvée.

2° Page 204 lig. 15 par en bas, 4441 *liſez* 4238, la différence de réſiſtance latérale —— 203, étant multipliée par 2 *m* ou $\frac{1}{5}$, = 40 $\frac{1}{2}$ qu'il faut ôter de 1292, on a 1252.

3° Page 205 au 2 AV, on devroit avoir non pas 758, mais 553, la différence — 205 × $3\frac{1}{5}$ eſt — 718 qu'on doit multiplier par $2\ m\ n = 2\ m$, ou diviſer par 5, on a 144 pour la différence abſolue des momens qu'il faut multiplier par 8 pᵈˢ 6 pᶜᵉˢ, diſtance des couples; le produit 1225, étant diviſé par 1252, donne 1 pᵈ dont le point vélique doit ſe rapprocher du point d'appui, puiſque les momens ſont moindres.

Les diverſes queſtions traitées dans cet Ouvrage, n'ayant pas donné lieu de parler de l'ouverture des ſabords; nous obſerverons ici que ceux des Navires Anglois, ont plus de largeur que les nôtres. On donne pour les canons de 42, quoique de fonte, 3 pᵈˢ 5 pᶜᵉˢ, meſure Angloiſe, ou 3 pᵈˢ 3 pᶜᵉˢ de France.

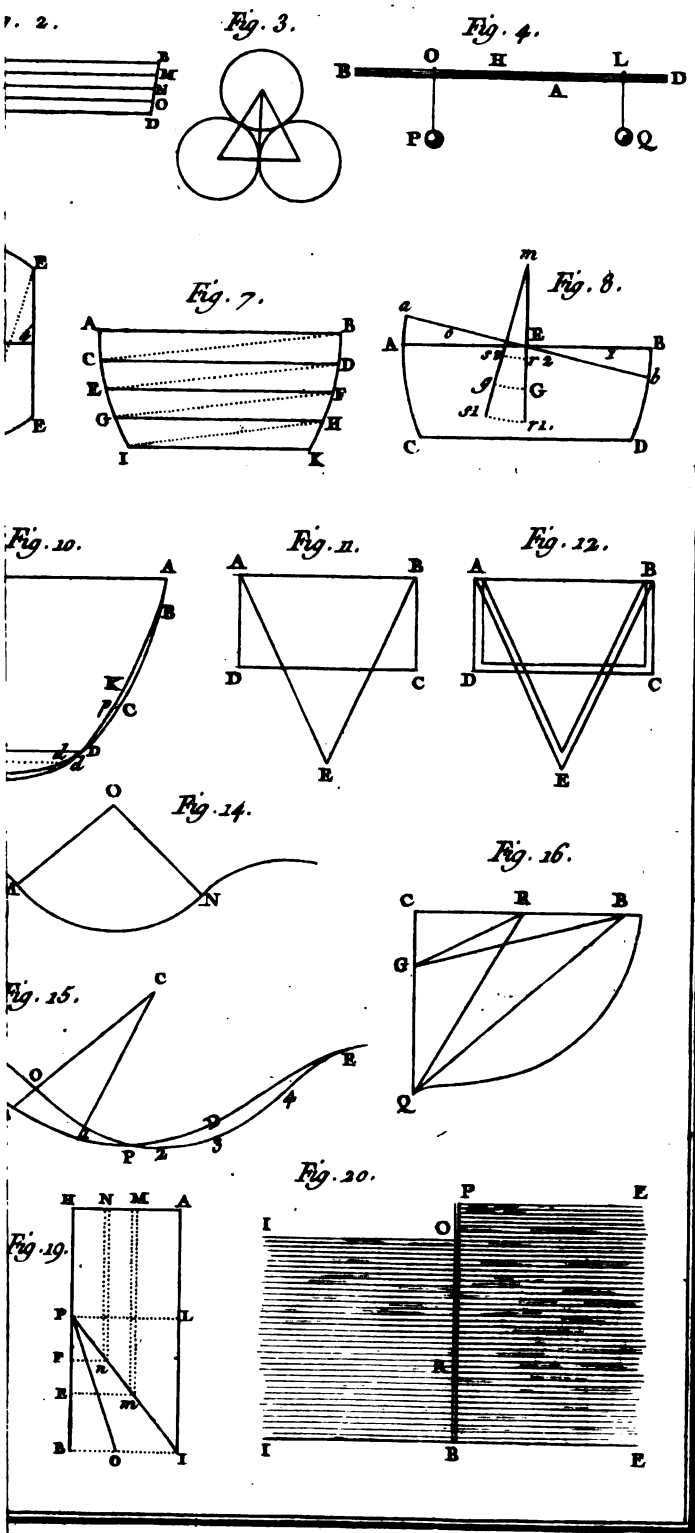


Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
B
O
H
L
D
A
P
Q
Fig. 7.
A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
Fig. 8.
m
a
b
E
A
B
C
D
G
Fig. 10.
A
B
K
C
D
Fig. 11.
A
B
D
C
E
Fig. 12.
A
B
D
C
E
O
Fig. 14.
N
Fig. 16.
C
R
B
G
Q
Fig. 15.
C
O
E
P
Fig. 19.
H
N
M
A
L
I
Fig. 20.
P
E
I
O
R
B

PUISSANCES DE L'EUROPE

FRANCE.

Branche d'Orléans.

LOUIS PHILIPPE Ier, né à Paris le 6 octobre 1773, succède le 31 juillet 1830 à Charles X, décline de trône de France, le 30, comme lieutenant-général du royaume; élu roi des Français, le 9 août de la même année; marié le 9 novembre 1809, à

MARIE-AMÉLIE, des Deux-Siciles, née le 26 avril 1782, reine des Français.

De ce mariage:

1. LOUIS-CHARLES-PHILIPPE-ROBERT, duc d'Orléans, né le 3 septembre 1810.
2. CHARLES, duc de Nemours, né à Paris, le 25 octobre 1814, maréchal de camp.
3. FRANÇOIS-FERDINAND-D'ORLÉANS, prince de Joinville, lieutenant de vaisseau, né à Neuilly, le 14 août 1818.
4. HENRI-EUGÈNE-PHILIPPE-LOUIS

OBSERVATIONS SUR LES PAYS DE CONGO ET DE LOANGO.

Les habitans de cette partie de l'Afrique regardent le soleil comme le principal auteur des êtres, de la nature, sans l'influence duquel l'obscurité et la désolation couvriraient la surface de la terre. Les idoles de toute espèce sont appelées *fétiches*. Il y en a une infinité, de toutes sortes de formes et de matières. Les plus communs sont le lait, les œufs et les oiseaux. Parmi ces derniers, les perdrix sont regardées comme tellement sacrées, que lorsque le pied d'un de ces oiseaux morts a touché un mets, personne ne voudra goûter de ce dernier dût-on mourir de faim. Leurs fétiches portatifs consistent en imitations grossières de la forme humaine ou de celles d'animaux, avec un morceau de miroir fixé dans la poitrine; en dents d'un jeune éléphant, remplies d'une pâte noire, dans laquelle sont placées des coquilles; en dents et serres de tigres; en petites cornes de chèvre s et autres animaux; en coquilles de moi rompiles de pâte mêlée; en petits sacs d'linge dans précieux, et en petits flacons contenant de la poudre à canon consacrée. Personne ne boit un coup sans faire une oblation au principal fétiche, qui est

les matins sur les hauts arbres qui bordent le Congo, dans le voisinage de Macacala, à l'effet de boire. Il est plaisant alors de voir avec quelle célérité ils font leur retraite, en faisant résonner les bois de leurs cauets. C'est ordinairement sur les plus hauts arbres qu'ils construisent leurs nids, qui ressemblent à ceux des pies, mais qui sont beaucoup plus grands, et faits d'herbe sèche. L'entrée de ces nids est un grand trou; la partie supérieure est couverte d'herbe à une hauteur considérable, pour le garantir de la pluie.

L'espèce la plus curieuse des singes est le *pongo*. Lorsqu'il se tient debout, il a six pieds, et l'on dit qu'il a la force de dix hommes. Dans ce cas, s'il était également féroce, il pourrait tuer en soulevant dans les bois Au fait, il est, dès après le dire des habitans, le premier des animaux de la forêt. Il chasse l'éléphant devant lui avec ses gémissemens, et souvent il les ramène, lorsqu'ils les rencontre à quelque distance de leur habitation. Le *chimpanzee* est connu en Europe sous le nom d'orang outang ou d'homme des bois. Il diffère beaucoup du pongo en grandeur, en force et en agilité. Il est plus gentil et se laisse facilement prendre et apprivoiser. Un témoin oculaire nous a assuré qu'il couchait en

ARCHEVÊQUES ET ÉVÊQUES

Villes.	*Noms des*	*Nés*	*Sacr.*
Episcopales.	*Archev. et Evêq.*	*l'an*	*l'an*
PARIS.....	DE QUELEN...	1778	1821
Chartres...	*Cl. de Montals*	1769	1824
Meaux.....	*Gallard*.....	1783	1831
Orléans...	*Rousseau*.....	1749	1823
Blois.....	*De Sauzin*....	1756	1824
Versailles..	*Blanq. de Rouillan*	1793	1824
Arras.....	*Lasseaud Auvergne*	1763	1822
Amiens....	*Bellaimes*.....	1797	1822
Cambrai...	*d'Arbaudens*...	1787	1824
LYON.....	DE PINS, *adm.*	1766	1824
Dijon.....	*Rey*.....	1772	1824
Autun.....	*Gabriel Forbin*.	1764	1824
Langres...	*d'Astros*.....	1797	1824
Besançon..	*Dubreuil*.....	1763	1824
St.-Claude..	*De Chamon*....	1767	1824
Grenoble..	*Philib.-Bruyère*	1761	1824
Valence...	DE CROZ.....	1773	1824
ROUEN.....	*Robin*.....	1768	1824
Bayeux....	*Robin*.....	1768	1824
Séez.....	*Jolly*.....	1802	1824
Evreux....	*Duchastellier*..	1796	1824
Coutances..	*Robion*.....	1802	1824
SENS.....	DE COSNAC...	1764	1824
TROYES....	*Seguin de Mons*.	1760	1824
Nevers....	*Naudo*.....	1794	1824
Moulins...	*De Pons*.....	1759	1824
BOURGES..	DE LATIL....	1761	1824
Soissons...	*De Simony*....	1770	1824
Châlons...	*De Prilly*.....	1775	1824

TABLE DES MARÉES DE 1837.

Les grandes marées totales suivent d'un jour ou deux les pleines et les nouvelles lunes, relativement aux distances de la lune au soleil, à la terre et à l'équinoxe.

Dates.	Heures de la Syzygie.	Hauteur
Janv. 6	N. L. à 11 h du soir.	0,95
21	P. L. à 7 h. du soir.	0,74
Févri. 5	N. L. à 10 h. du mat.	1,03
20	P. L. à 2 h. du soir.	0,85
Mars. 6	N. L. à 8 h. du mat.	1,09
22	P. L. à 7 h. du mat.	0,93
Avril. 5	N. L. à 7 h. du mat.	1,04
20	P. L. à 8 h. du soir.	0,95
Mai. 4	N. L. à 7 h. du soir.	0,89
20	P. L. à 7 h. du mat.	0,90
Juin. 3	N. L. à 7 h. du mat.	0,75
18	P. L. à 4 h. du soir.	0,88
Juill. 2	N. L. à 9 h. du soir.	0,70
17	P. L. à 11 h. du soir.	0,94
Août. 1	N. L. à 0 h. du soir.	0,74
16	P. L. à 5 h. du mat.	1,05
31	N. L. à 4 h. du mat.	0,84
Sept. 14	P. L. à 1 h. du soir.	1,12
29	N. L. à 8 h. du soir.	0,90
Octo. 13	P. L. à 11 h. du soir.	1,07
29	N. L. à 11 h. du mat.	0,90
Nove. 12	P. L. à 11 h. du mat.	0,91
28	N. L. à 2 h. du mat.	0,86
Déce. 12	P. L. à 2 h. du mat.	0,77
27	N. L. à 2 h. du soir.	0,87

On voit, d'après ce tableau, que les marées seront peu considérables. celles du 6 février, du 8 mars, du 6 avril, du 17 août, du 16 septemb. et du 15 octobre, étant les plus fortes, pourraient occasionner des accidens si les vents les favorisaient.

DIVISION du territoire français en départemens, les chefs-lieux où résident les Préfets, leurs noms, et le nombre d'arrondissemens de chaque département.

Départemens.	Chefs-lieux.	NOMS des Préfets.
Ain.....	Bourg....	5 Jayr.
Aisne.....	Laon.....	7 Renauldon
Allier....	Moulins...	4 Gattier.
Alpes (b.)	Digne....	2 Meunier.
Alpes (h.)	Gap.....	2 S. Mourgues.
Ardèche...	Privas....	4 R. Dugage.
Ardennes..	Mezières..	4 Henry.
Arriége...	Foix.....	3 Mazères.
Aube.....	Troyes....	4 C. Syeyes.
Aude.....	Carcassone.	5 Legoux.
Aveyron...	Rhodès...	5 Marquier.
B.-du-Rhô.	Marseille..	6 de Lacoste.
Calvados...	Caen.....	7 Target.
Cantal....	Aurillac...	4 Delamarre.
Charente...	Angoulême	5 Lasréguy.
Charr.-infér	la Rochelle.	7 Ern. de Pelet
Cher.....	Bourges...	4 de Lapparent
Corrèze...	Tulles....	4 Thomas.
Corse.....	Ajaccio....	2 Jourdan.
Côte-d'Or.	Dijon....	5 Ach. Chaper
C. du Nord.	St.-Brieux.	6 Thieullen.
Creuse....	Guéret....	4 A Deschamp
Dordogne..	Périgueux..	7 Romieu.
Doubs.....	Besançon..	5 Tourangin.
Drôme.....	Valence....	4 Saladin.
Eure.....	Evreux....	7 A. Passy.
Eure et Loir	Chartres..	4 de S.-Aignan
Finistère..	Quimper..	6 Boullée.
Gard.....	Nismes....	5 de Jessaint.

PRÉFECTURE DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE,

Place de l'Hôtel-de-ville.

M. le cte DE RAMBUTEAU, pair de France, préfet.
M. L. de Jussieu, secrétaire-général.
M. F. Leray, secrétaire particulier de M. le préfet.

Conseil de Préfecture,

MM. De la Moëlle, Pain, Lafon de Ladébat, Maupas, Lucas-Montigny
M. Varcollier, secrétaire du conseil.

Sous-Préfets du département de la Seine.

M. Lucien Méchin, à Saint-Denis.
M. E. Maison, à Sceaux.

PRÉFECTURE DE POLICE DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE.

Quai des Orfèvres.

M. G. DELESSERT, conseiller d'état, préfet de Police, hôtel de la Préfecture.
M. Malleval, secr.-général.
M. Pinel, secrét. part. de M. le préfet.
M. Nabon Devaux, chef du bureau du cabinet.

NOMS DES MAIRES ET DES CURÉS

Des 12 arrondissemens et des 48 divisions de la Commune de Paris.

Premier arrondissement.

Composé des quartiers des Tuileries, des Champs-Elysées, de la Place-Vendôme et du Roule; Chef-lieu, rue d'Anjou St.-Honoré, n. 9.

M. LEFORT, maire, rue Duphot, 19.
Beuzelin, curé à la Madeleine.

NOVEMBRE. ☽ entre au ✕

Le 15 à midi vrai, une montre bien réglée marq. 11 h. 44 m. 47 s. le 30, 11 h. 48 m. 55 s.

Jours	Lever de la L.	Couc. de la L.	Lev du S.	Cou. du S.	Long. du S.	Décli. du S.
	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	d. m.	d. m
1	10 33	0 6	6 48	4 39	8 53	14 28
2	11 45	6 51	6 49	4 38	9 53	14 17
3	0 41	8 1	6 51	4 36	10 53	15 6
4	1 28	9 21	6 53	4 35	11 53	15 25
5	1 59	10 45	6 54	4 34	12 53	15 43
6	2 22		6 56	4 32	13 53	15 58
7	2 40	0 8	6 57	4 30	14 54	16 11
8	2 58	1 33	6 59	4 28	15 54	16 22
9	3 14	2 57	7 0	4 27	16 54	16 31
10	3 30	4 19	7 2	4 25	17 55	16 37
11	3 47	5 41	7 3	4 24	18 55	16 42
12	4 10	7 3	7 5	4 22	19 56	16 44
13	4 40	8 24	7 7	4 21	20 56	16 43
14	5 18	9 40	7 9	4 20	21 57	16 40
15	6 7	10 46	7 10	4 19	22 57	16 34
16	7 8	11 40	7 12	4 18	23 58	16 26
17	8 15	0 19	7 13	4 16	24 58	16 16
18	9 23	0 48	7 14	4 15	25 59	16 4
19	10 33	1 11	7 16	4 14	26 59	15 50
20	11 42	1 29	7 18	4 13	28 0	15 34
21		1 44	7 19	4 12	29 1	15 17
22	0 50	1 57	7 21	4 11	0 2	14 59
23	1 58	2 10	7 22	4 10	1 2	14 39
24	3 7	2 23	7 24	4 9	2 3	14 18
25	4 20	2 38	7 25	4 8	3 3	13 56
26	5 36	2 58	7 26	4 7	4 4	13 33
27	6 55	3 22	7 28	4 7	5 5	13 10
28	8 15	3 55	7 29	4 6	6 6	12 46
29	9 30	4 44	7 30	4 5	7 7	12 22
30	10 37	5 48	7 32	4 5	8 8	11 58

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.

Eng 5057.76
Traite sur la co
Cabot Science
3 2044